



Universidade Federal de Santa Catarina
Centro Tecnológico
Departamento de Engenharia Civil

Lurian Mussi Ludgero Monteiro

Estudo de geração de viagens em instituições de ensino superior da região
metropolitana de Florianópolis

8 de julho de 2018

Lurian Mussi Ludgero Monteiro

**Estudo de geração de viagens em instituições de ensino superior da região
metropolitana de Florianópolis**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado pelo acadêmico Lurian Mussi Ludgero Monteiro à banca examinadora do Curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Professor orientador: Alexandre Hering Coelho,
Dr.

8 de julho de 2018

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Monteiro, Lurian Mussi Ludgero

Estudo de geração de viagens em instituições de ensino superior da região metropolitana de Florianópolis / Lurian Mussi Ludgero Monteiro ; orientador, Alexandre Hering Coelho, 2018.

88 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico,
Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis, 2018.

Inclui referências.

1. Engenharia Civil. 2. polos geradores de viagens. 3. modelos de geração de viagens. I. Coelho, Alexandre Hering. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Civil. III. Título.

Lurian Mussi Ludgero Monteiro

**Estudo de geração de viagens em instituições de ensino superior da região
metropolitana de Florianópolis**

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Engenheiro Civil e aprovado em sua forma final pelo Departamento de Engenharia Civil.

Florianópolis, 03 de Julho de 2018.

Banca Examinadora:



Prof. Dr. Alexandre Hering Coelho
Orientador

Prof. Dr. Marcos Aurélio Noronha

Dr. Jorge Destri Jr.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo realizar estudos de geração de viagens em instituições de ensino superior da região metropolitana de Florianópolis, com base em matriz origem-destino formada após pesquisa domiciliar realizada pelo Plano de Mobilidade Urbana Sustentável da Grande Florianópolis (PLAMUS). Foram realizadas regressões lineares e não lineares para o número de viagens atraídas e produzidas pelas instituições com a quantidade de alunos matriculados nas mesmas. A maioria dos modelos encontrados se mostraram satisfatórios estatisticamente para estimativas de geração de viagens, sendo os modelos por regressão polinomial do segundo grau os de maior destaque.

Palavras-chave: Polos geradores de viagens, modelos de geração de viagens.

ABSTRACT

This work is aimed at developing studies about generation of trips in higher education institutions in the metropolitan region of Florianópolis, based on a trip matrix formed after a household survey carried out by the *Plano de Mobilidade Urbana Sustentável da Grande Florianópolis*. Linear and non-linear regressions were performed correlating the number of trips attracted and produced by the institutions with the number of students enrolled in them. Most of the models found were statistically satisfactory for estimatives of trip generation. The polynomial of the second degree models were the most prominent.

Key-words: Trip generation hubs, trip generation models.

Lista de Figuras

1	Região Metropolitana de Florianópolis	28
2	Estudantes matriculados em IES	30
3	Distribuição modal das viagens para regiões metropolitanas brasileiras	31
4	Distribuição modal das viagens na RMF	32
5	Taxa de crescimento populacional, de motocicletas e automóveis entre 2010 e 2014	33
6	Mapa de domicílios sorteados	36
7	Tabela origem-destino	37
8	Método do trabalho	39
9	Zonas de tráfego da RMF	40
10	Seleção de viagens	42
11	Correlação linear para o total de viagens atraídas	46
12	Correlação linear com intercepto nulo para o total de viagens atraídas	47
13	Correlação polinomial do segundo grau para o total de viagens atraídas	48
14	Correlação potencial para o total de viagens atraídas	49
15	Correlação exponencial para o total de viagens atraídas	50
16	Correlação logarítmica para o total de viagens atraídas	51
17	Correlação linear para viagens atraídas por automóveis	52
18	Correlação linear com intercepto nulo para viagens atraídas por automóveis	53
19	Correlação polinomial do segundo grau para viagens atraídas por automóveis . . .	54
20	Correlação potencial para viagens atraídas por automóveis	55
21	Correlação exponencial para viagens atraídas por automóveis	56
22	Correlação logarítmica para viagens atraídas por automóveis	57
23	Correlação linear para o total de viagens produzidas	58
24	Correlação linear com intercepto nulo para o total de viagens produzidas	59
25	Correlação polinomial do segundo grau para o total de viagens produzidas	60
26	Correlação potencial para o total de viagens produzidas	61
27	Correlação exponencial para o total de viagens produzidas	62
28	Correlação logarítmica para o total de viagens produzidas	63
29	Correlação linear para viagens produzidas por automóveis	64
30	Correlação linear com intercepto nulo para viagens produzidas por automóveis . .	65
31	Correlação polinomial do segundo grau para viagens produzidas por automóveis	66
32	Correlação potencial para viagens produzidas por automóveis	67
33	Correlação exponencial para viagens produzidas por automóveis	68
34	Correlação logarítmica para viagens produzidas por automóveis	69

Lista de Tabelas

1	Caracterização de PGVs em Juiz de Fora, Rio de Janeiro e São Paulo	9
2	Caracterização de instituições de ensino como PGVs em Florianópolis	10
3	Descrição de estudos de impactos para PGV.	12
4	Elementos dos estudos da TECTRAN	24
5	Distribuição modal dos estudos de SOUZA (2007)	26
6	População da RMF.	29
7	Geração e atração de viagens na RMF	30
8	Características das IES	41
9	Geração de viagens para todos os modos	43
10	Geração de viagens para automóveis	43
11	Resumo de índices estatísticos para modelo de atração de viagens	70
12	Resumo de índices estatísticos para modelo de produção de viagens	71
13	Comparação entre modelos de atração de viagens	74
14	Comparação entre modelos de produção de viagens	74

Sumário

1	Introdução	1
1.1	Considerações iniciais	1
1.2	Objetivos	2
1.2.1	Objetivo geral	2
1.2.2	Objetivos específicos	2
1.3	Estrutura do trabalho	2
2	Revisão bibliográfica	4
2.1	Definições	4
2.1.1	Caracterização do empreendimento como PGV	7
2.2	Estudos de impacto para PGV	11
2.2.1	Estudos de impacto para instituições de ensino	14
2.3	Modelos de regressões	15
2.3.1	Requisitos para validade estatística	16
2.4	Modelos de geração de viagens	17
2.4.1	Estabelecimentos residenciais	18
2.4.2	Hotéis	18
2.4.3	Hospitais	19
2.4.4	Shopping Centers	19
2.4.5	Supermercados	21
2.4.6	Estabelecimentos de ensino	22
2.5	Modelos de geração de viagens para Instituições de Ensino Superior	23
2.5.1	CET 1983	23
2.5.2	TECTRAN 2003, 2004	24
2.5.3	Nunes 2005	24
2.5.4	Souza 2007	25
2.5.5	ITE 2008 - Estados Unidos	26
3	Área de estudo: Região Metropolitana de Florianópolis	28
3.1	Perfil modal da RMF	31
3.2	PLAMUS	33
3.2.1	Objetivos do programa	33
3.2.2	Etapas do programa	34
3.2.3	Pesquisa origem-destino domiciliar	35

4	Método do trabalho	39
4.1	Seleção das zonas de tráfego	39
4.2	Coleta de dados característicos das IES	40
4.3	Seleção das viagens de interesse	41
4.4	Cálculos para geração de viagens	42
4.5	Correlações de dados coletados	43
5	Resultados	45
5.1	Modelos para atração de viagens totais	45
5.1.1	Correlação linear	46
5.1.2	Correlação linear com intercepto nulo	46
5.1.3	Correlação polinomial do segundo grau	47
5.1.4	Correlação potencial	48
5.1.5	Correlação exponencial	49
5.1.6	Correlação logarítmica	50
5.2	Modelos para atração de viagens por automóveis	51
5.2.1	Correlação linear	51
5.2.2	Correlação linear com intercepto nulo	52
5.2.3	Correlação polinomial do segundo grau	53
5.2.4	Correlação potencial	54
5.2.5	Correlação exponencial	55
5.2.6	Correlação logarítmica	56
5.3	Modelos para produção de viagens totais	57
5.3.1	Correlação linear para o total de viagens produzidas	57
5.3.2	Correlação linear com intercepto nulo	58
5.3.3	Correlação polinomial do segundo grau	59
5.3.4	Correlação potencial	60
5.3.5	Correlação exponencial	61
5.3.6	Correlação logarítmica	62
5.4	Modelos para produção de viagens por automóveis	63
5.4.1	Correlação linear	63
5.4.2	Correlação linear com intercepto nulo	64
5.4.3	Correlação polinomial do segundo grau	65
5.4.4	Correlação potencial	66
5.4.5	Correlação exponencial	67
5.4.6	Correlação logarítmica	68

5.5	Análise de validade estatística dos modelos encontrados	69
5.5.1	Significância do coeficiente de regressão	71
5.5.2	Coeficiente de determinação	71
5.5.3	Erro máximo admissível	72
6	Considerações finais	73
6.1	Comparação com outros modelos	74
6.2	Recomendações para estudos futuros	75
	Referências	76

1 Introdução

1.1 Considerações iniciais

Após a Segunda Guerra Mundial, as cidades brasileiras e dos países latino americanos tiveram um crescimento populacional rápido e intenso. Dados do World Bank mostram que entre 1960 e 2016, países como Argentina e Chile tiveram suas populações dobradas. Brasil, Colômbia e Peru triplicaram a população. Enquanto Equador, México e Venezuela alcançaram um número quatro vezes maior.

Ao se observar apenas a população urbana, essa proporção é ainda mais expressiva. Com exceção de Brasil e México, que tem dimensões quase continentais, a população urbana dos países latino americanos é concentrada principalmente em suas maiores regiões metropolitanas. De acordo com os dados do World Bank, a região metropolitana de Buenos Aires, Santiago do Chile, Montevideu, e Assunção concentram respectivamente 38%, 40%, 52% e 59% da população urbana de seus países.

O conceito de mobilidade urbana evoluiu ao longo das últimas décadas, superando o foco exclusivo em problemas viários e direcionando-o para quem realmente importa: as pessoas. Segundo Federal Highway Administration (2016), o uso do solo e o sistema de transportes são simbióticos: enquanto que a densidade do desenvolvimento e a localização influencia nos padrões de viagens regionais, em troca, o grau de acesso fornecido pelo sistema de transporte pode influenciar no uso do solo e na direção do desenvolvimento local.

Hoje, a mobilidade deve ser planejada de maneira holística, de acordo com as necessidades locais, levando-se em conta fatores econômicos, sociais, ambientais e geográficos de cada região.

As soluções de mobilidade exigem ações integradas e abrangentes que facilitem o deslocamento das pessoas, criando oportunidades para que usufruam do ambiente urbano sem ter que percorrer grandes distâncias.

No Brasil, os grandes empreendimentos eram até recentemente chamados de Polos Geradores de Tráfego (PGT), conforme CET-SP (1983) e DENATRAN (2001). PORTUGAL (2012) explica que o foco dos estudos consistia no tráfego de automóveis, pois os impactos mais visíveis eram no sistema viário (circulação, acessibilidade e segurança) e nos estacionamentos. Ao incluir os demais modos, como por exemplo o transporte público, transporte de carga e os deslocamentos não motorizados, e considerar que além do tráfego, os grandes empreendimentos são capazes de impactar no desenvolvimento socioeconômico e na qualidade de vida, o termo utilizado passou a ser Polo Gerador de Viagens (PGV).

Assim, o termo polos geradores de viagens passou a substituir o termo polos geradores de tráfego, visto que procura contemplar os potenciais impactos no seu sentido mais amplo, ou seja,

considerando impactos nos sistemas viários e de transportes (congestionamentos, acidentes e repercussões no ambiente), na estrutura urbana, bem como no desenvolvimento socioeconômico e na qualidade de vida da população REDEPGV (2012).

As instituições de ensino, em todos os níveis de educação formal, quer sejam infantil, fundamental, médio, técnico ou de ensino superior, são polos geradores de viagens que apresentam características especiais quanto ao seu funcionamento diário, que as fazem serem importantes de serem analisadas no meio urbano.

A análise quanto à localização desses empreendimentos deve considerar os impactos que este irá produzir na circulação de pedestres, ciclistas e no tráfego de veículos particulares e coletivos em sua área de influência, bem como as necessidades de acessos dos seus usuários, de tal forma a garantir que os deslocamentos sejam realizados com níveis aceitáveis de conforto, segurança e tempo de deslocamento.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho é procurar determinar modelos de geração de viagens para as Instituições de Ensino Superior (IES) da Região Metropolitana de Florianópolis (RMF) como base em dados da pesquisa origem-destino domiciliar do Plano de Mobilidade Urbana Sustentável da Grande Florianópolis (PLAMUS) e em dados sobre as instituições de ensino.

1.2.2 Objetivos específicos

- Identificar, dentre as zonas de tráfego da RMF, determinadas pelo PLAMUS, as caracterizadas por terem instituições de ensino superior como seu principal polo gerador de viagem, que motive viagens relacionadas à educação;
- Identificar e analisar os padrões modais da viagens geradas pelas IES;
- Empregar técnicas de regressão para investigar possíveis modelos de geração de viagens e analisar estatisticamente os resultados

1.3 Estrutura do trabalho

O presente trabalho está estruturado em seis capítulos. O Capítulo 1 apresenta as primeiras considerações, objetivos geral e específicos deste trabalho. No Capítulo 2 está exposta a revisão bibliográfica referente ao trabalho. O Capítulo 3 aborda breve descrição e contextualização da área de estudo. Em sequência, no Capítulo 4 é apresentado o método utilizado. O Capítulo

5 expõe os resultados obtidos neste trabalho. No capítulo 6 constam as considerações finais, comparações dos modelos obtidos neste trabalho com modelos apresentados na revisão bibliográfica e recomendações para estudos futuros. Por fim, as referências bibliográficas utilizadas no trabalho são apresentadas.

2 Revisão bibliográfica

Nesta seção são apresentados conceitos envolvidos em estudos de modelos de geração de viagens para polos geradores, com foco maior para as instituições de ensino superior, tema central deste trabalho. É apresentado, também, modelos matemáticos utilizados neste trabalho para processo de estimação de viagens para instituições de ensino superior com base em matriz origem-destino

2.1 Definições

Polos gerados de viagens (PGV) é a denominação para locais ou instalações de distintas naturezas que têm na escala ou conjunto do porte de suas atividades a capacidade de atrair um contingente significativo de viagens, em seus diferentes modos, e motivar alterações não só no tráfego, mas em todo o contexto de seu entorno.

Segundo CHIBIAQUI (2017) também estão em consolidação e desenvolvimento entre os pesquisadores brasileiros os conceitos de Polos Geradores de Viagens Sustentáveis e Polos Geradores de Desenvolvimento e de Qualidade de Vida.

O intuito, segundo SANTOS (2011) apud CHIBIAQUI (2017), é de incorporar uma definição que demonstre preocupação com a sustentabilidade e qualidade de vida não somente dentro do seu espaço privado, mas nos espaços urbanos que os integram, por meio de promoção da vitalidade das ruas e dos espaços de circulação, estimulando as viagens a pé, de bicicleta, e por transporte público, de tal forma que reduzam os impactos negativos sobre a cidade e sobre o meio ambiente.

São exemplos de PGVs: *shoppings centers*, supermercados, edifícios residenciais e comerciais, hotéis, hospitais, ginásios e estabelecimentos de ensino, objetos de estudo deste trabalho.

Neste trabalho, independentemente do termo utilizado pelos autores à época da publicação de seu estudos, é utilizada a nomenclatura conforme consta na minuta 04 do Anteprojeto de Lei do Plano Diretor de Florianópolis publicada em Junho de 2017, portanto, Polos Geradores de Viagens.

Viagem Conforme os objetivos dos estudos, pode-se considerar como unidade de viagem cada percurso realizado por um veículo ou por uma pessoa ou por uma mercadoria. Nos estudos rurais uma viagem é considerada como cada percurso que realiza um veículo entre sua origem e seu destino. Já nos estudos urbanos, normalmente uma viagem é considerada como cada percurso que realiza uma só pessoa, usando um ou vários meios de transporte, de um ponto de origem a um ponto de destino. Isto quer dizer que se duas pessoas realizam igual percurso no mesmo veículo, serão computadas duas viagens e se uma pessoa para ir do trabalho à sua casa

utiliza um ônibus, depois um trem suburbano e em seguida um táxi, deverá ser contabilizada uma viagem apenas (DNIT, 2006).

Geração de viagens O conceito de geração de viagens está relacionado às definições de produção e de atração. Viagens produzidas numa zona de tráfego são aquelas que se iniciam, ou seja, que têm como origem uma zona de tráfego e viagens atraídas são aquelas que a têm como destino. O processo de produção ou de atração de veículos ou pessoas para um determinado local é denominado Geração de Viagens (CAMPOS, 2013).

Zonas de tráfego A fim de facilitar a obtenção e posterior análise das informações a respeito do tráfego, a área de estudo deverá ser dividida em zonas. Cada zona deverá ser definida de modo que qualquer viagem com origem ou destino nessa zona possa ser considerada como partindo ou chegando a um ponto determinado da mesma (centróide). O centróide é a representação pontual da zona. É como se todos os dados pesquisados e analisados estivessem concentrados nesse ponto. Corresponde ao centro de gravidade das viagens geradas. (DNIT, 2006).

Pesquisa origem-destino São pesquisas associadas a contagens de volume que permitem chegar a uma compreensão geral da atual estrutura de movimentos. São coletadas informações sobre número e tipo de deslocamentos, incluindo: movimentos de veículos de passageiros ou carga, tipos de cargas transportadas, origens e destinos das viagens, motivos de viagem, tempos e distâncias percorridas, modos de transporte, natureza dos locais de origem e destino, distribuição durante o dia etc (DNIT, 2006).

Matriz origem-destino O resultado dos estudos de geração de viagens podem ser expressos em matrizes O/D, onde seus elementos representam a quantidade de veículos ou de pessoas que vão de uma origem a um destino e vice-versa (DNIT, 2006). A matriz O/D utilizada neste trabalho foi construída com base em entrevista domiciliar e pesquisa complementar em praias da cidade de Florianópolis.

Viagens com base residencial Viagens com base residencial, são as viagens onde a residência do indivíduo é a origem ou o destino do percurso estudado. Segundo ORTÚZAR (2011), estas compõe cerca de 80% das viagens. Nos estudos, independente do sentido da viagem, convém-se considerar que as residências estarão sempre associadas à produção de viagem.

Viagens com base não residencial Viagens com base não residencial, são as viagens em que a residência do indivíduo não faz parte do percurso estudado. Como o caso de viagens

entre trabalho e supermercado.

Viagens por propósito Para ORTÚZAR (2011), se as viagens por diferentes propósitos forem identificadas e modeladas separadamente, os modelos de geração de viagens serão melhor compreendidos. São inúmeras as motivações que levam pessoas a se deslocar de um ponto ao outro, tanto diariamente como esporadicamente. As categorias de propósitos mais comuns utilizados no estudos de viagens são:

- viagens para o trabalho;
- viagens para escolas;
- viagens para locais de saúde;
- viagens para fazer compras;
- viagens para recreação;
- viagens de acompanhante (como para levar ou buscar alguma outra pessoa).

Segundo ORTÚZAR (2011), os dois primeiros tipos são geralmente chamados de viagens compulsórias (ou obrigatórias) e todos os demais são chamados de viagens arbitrárias (ou opcionais). A importância de se dividir as viagens em compulsórias ou arbitrárias está no fato de as primeiras serem dominantes no cronograma do indivíduo.

Viagens por período do dia As viagens também são por vezes classificadas em viagens de período de pico e fora de pico. A proporção de viagens por diferentes propósitos geralmente varia muito com a hora do dia. Este tipo de classificação, apesar de importante, torna-se mais complicado quando percursos, em vez de viagens, são de interesse, já que uma viagem completa pode incluir alguns percursos feitos em várias horas do dia. Por exemplo, uma pessoa que ao sair do trabalho para no mercado antes de voltar para sua residência.

Viagens por tipo de pessoa Esta é outra classificação importante, já que o comportamento de viagem individual é altamente dependente de fatores socioeconômicos. As categorias geralmente utilizadas são:

- renda familiar, por exemplo: baixa, média e alta;
- carros próprios, por exemplo: 0, 1 e 2 ou mais carros;
- tamanho e estrutura familiar, por exemplo de 1 a 6 pessoas.

É importante notar que o número de combinações pode aumentar muito rapidamente (54 no exemplo acima) e isso pode ter fortes implicações em termos de requisitos de dados. Por essa razão, ajustes e calibrações dos modelos são normalmente necessários.

Viagens por meio de transporte Além das classificações anteriores, as viagens podem também ser classificadas pelo meio de transporte utilizado, ou o modo, como carro de passeio, ônibus, veículo de carga, etc (DNIT, 2006). Viagens a pé em distância menos que 300 metros foram frequentemente ignoradas, bem como as viagens feitas por crianças com menos que cinco anos de idade. No entanto, nos estudos mais recentes, as viagens feitas à pé ou de bicicleta também passaram a ser contabilizadas para a determinação da geração de viagens (ORTÚZAR, 2011).

2.1.1 Caracterização do empreendimento como PGV

Para a CET-SP (1983), polos geradores de viagens são edificações ou instalações capazes de exercer grande atratividade sobre a população mediante a oferta de bens e serviços e, portanto que atraem ou produzem um grande número de viagens, ocasionando reflexos negativos na circulação viária em seu entorno imediato.

Nos Estados Unidos, o Institute of Transportation Engineers (ITE), divide os empreendimentos em 176 categorias de usos de solo, classificadas em 10 grandes grupos: portuário/terminal, industrial, residencial, hotéis/motéis, recreacional, institucional, escritório, saúde, comércio e serviços.

O DENATRAN (2001) considera os seguintes tipos de PGV:

- Habitacional: permanente ou transitória
- Comunitário: instalações destinadas à educação, lazer, cultura, saúde, assistência social e a cultos religiosos
- Comercial e de serviços
- Industrial

No Brasil, algumas cidades estabelecem seus próprios parâmetros para caracterizar um PGV.

No município de Curitiba, a caracterização é feita por meio do porte do empreendimento, independente de sua natureza. São considerados PGVs as edificações com área construída maior ou igual a 5000m².

Em Brasília, com base na lei nº 1890/1998, são considerados PGVs os empreendimentos das seguintes atividades:

- Centros de compras e *shopping centers*
- Mercados, supermercados e hipermercados
- Lojas de departamento
- Hospitais e maternidades
- Pronto-socorros, clínicas, consultórios, laboratórios de análise e ambulatórios
- Universidades, faculdades, cursos supletivos, cursos preparatórios, cursos não seriados
- Edifícios comerciais e de escritórios

São Paulo, Juiz de Fora, Rio de Janeiro consideram para sua caracterização o tipo de uso do solo e o porte do empreendimento, conforme a Tabela 1.

Tabela 1: Caracterização de PGVs em Juiz de Fora, Rio de Janeiro e São Paulo

Atividade/Porte	Juiz de Fora	Rio de Janeiro	São Paulo
Residencial, multifamiliar, vertical	> 100 unidades	> 200 unidades	-
Residencial, multifamiliar, horizontal	> 50 unidades	> 200 unidades	-
<i>Shopping centers</i>	> 1500 m ²	> 2500 m ²	> 2500 m ²
Lojas de departamento	> 1500 m ²	> 2500 m ²	> 2500 m ²
Mini, super ou hipermercado	> 1500 m ²	> 500 m ²	> 2500 m ²
Entrepasto, terminal e armazém	> 6000 m ²	> 10000 m ²	> 10000 m ²
Escritório	> 6000 m ²	> 10000 m ²	> 10000 m ²
Hotel	> 6000 m ²	> 10000 m ²	> 10000 m ²
Motel	> 3000 m ²	> 5000 m ²	> 5000 m ²
Hospitais e maternidades	> 300 m ²	> 250 m ²	> 250 m ²
Pronto-socorros, clínicas, consultórios, laboratórios de análise e ambulatórios	> 300 m ²	> 250 m ²	> 250 m ²
Universidades e faculdades	> 2000 m ²	-	> 2500 m ²
Curso supletivo e curso preparatório	> 2000 m ²	> 2500 m ²	> 2500 m ²
Escolas de 1º e 2º graus e cursos técnicos	> 2500 m ²	> 2500 m ²	> 2500 m ²
Escola maternal e pré-escolar	> 300 m ²	> 250 m ²	> 250 m ²
Curso de idiomas	> 300 m ²	> 250 m ²	> 250 m ²
Academia de ginástica, esporte	> 300 m ²	> 250 m ²	> 250 m ²
Escola de arte, dança e música	> 300 m ²	> 250 m ²	> 250 m ²
Restaurantes e cafeterias	> 300 m ²	> 250 m ²	> 250 m ²
Casa de música, boate, salão de festas	> 300 m ²	> 250 m ²	> 250 m ²
Indústria	> 10000 m ²	> 10000 m ²	> 10000 m ²
Cinema, teatro, auditório e local de culto	> 300 lugares	> 300 lugares	> 300 lugares
Quadra de esportes descoberta	> 500 m ²	> 500 m ²	> 500 m ²
Estádio e ginásio	-	> 3000 m ²	> 3000 m ²
Pavilhão de feiras, exposições e parque de diversões	-	> 3000 m ²	> 3000 m ²
Parque, zoológico e horto	-	> 3000 m ²	> 3000 m ²
Oficina mecânica	-	> 250 m ²	-

Fonte: Adaptado de PORTUGAL (2012).

A minuta 04 do Anteprojeto de Lei do Plano Diretor da Prefeitura Municipal de Florianópolis publicada em Junho de 2017, em sua seção V - Polos Geradores de Viagens - usa a seguinte definição para um PGV, no artigo 432:

"Consideram-se Polos Geradores de Viagens (PGV) as edificações ou instalações que, mediante a concentração de bens e/ou serviços, geram elevado número de viagens, com substanciais interferências no tráfego do entorno, classificadas quanto ao tamanho e à capacidade."

O plano diretor de Florianópolis classifica os PGVs em oito categorias a seguir:

1. Usos residenciais e habitacionais transitórios
2. Usos recreativos e esportivos
3. Usos de saúde e serviços sociais
4. Usos educacionais
5. Usos culturais
6. Usos de cultos e funerários
7. Usos comerciais
8. Usos e serviços

Para os casos de Instituições de Ensino Superior, inseridos no item 4, usos educacionais, são considerados PGVs os empreendimentos com área construída acima de 1000 m², conforme Tabela 2.

Tabela 2: Caracterização de instituições de ensino como PGVs em Florianópolis

Instituição de ensino	Área construída para PGV
Educação infantil - creches e pré-escolas	Acima de 250 m ²
Ensino fundamental e escolas especiais	Acima de 500 m ²
Escolas de ensino médio, supletivo e cursos preparatórios	Acima de 500 m ²
Ensino superior e educação profissional de nível técnico	Acima de 1000 m ²
Cursos especiais (línguas, artes, gastronomia)	Acima de 1000 m ²
Incubadoras tecnológicas, laboratórios e centros de pesquisa	Acima de 500 m ²

Fonte: Adaptado da Minuta 04 do Anteprojeto de Lei do Plano Diretor de Florianópolis.

2.2 Estudos de impacto para PGV

Um PGV se caracteriza por produzir um contingente significativo de viagens até ele ou a partir dele. A implantação, ampliação e operação de um empreendimento pode provocar uma série de transformações de acordo com o tipo e a intensidade de geração de viagens BASTOS (2004) e associado à disponibilidade de acesso viária e de transporte CUNHA (2009). Independentemente do tipo de PGV ou seu porte, os impactos precisam ser previstos e tratados. Uma das etapas fundamentais dos estudos de impacto é a de estimativa das viagens geradas.

Nesse contexto, é necessária a realização de estudos de impactos adequados a serem submetidos e apreciados num processo mais abrangente de licenciamento. Os Estudos de Impacto da Vizinhança (EIVs), Relatórios de Impacto de Vizinhança (RIVIs) Estudos de Impactos Ambiental (EIA) e os Relatórios de Impactos Ambiental (RIMAs) tem como um de seus objetivos identificar a magnitude dos impactos e apresentar possíveis medidas mitigatórias ou de compensação para contrabalancear as perdas sociais e ambientais que refletem negativamente no bem-estar da área de influência do PGV além de medidas para maximizar os impactos positivos, propiciando sua viabilidade financeira e garantindo seu compromisso com o interesse social. PORTUGAL (2012)

Em relação ao impacto ambiental, pode-se dizer que as atividades de um PGV tem capacidade de acentuar direta ou indiretamente a degradação da qualidade ambiental, quando atuam na criação de condições adversas às atividades sociais e econômicas. Os congestionamentos de tráfego, por exemplo, são considerados os principais agentes de poluição ambiental e sonora. BASTOS (2004)

Os problemas de degradação ambiental e perda de qualidade de vida, relacionados a serviços derivados de transportes, agravam-se com a instalação e operação de PGVs sem os estudos adequados.

Quanto à organização do espaço urbano, a regulamentação da sua ocupação através de Planos Diretores pode ser um instrumento eficaz na melhoria da qualidade de vida da sociedade. Entretanto, de acordo com PORTUGAL (2012), a falta de um planejamento ativo, de forma transparente e com respaldo técnico e social é frequentemente observada mesmo em grandes regiões metropolitanas. SOARES (2004) cita que essas questões são tratadas apenas com base em restrições de leis de uso do solo ou leis de zoneamentos.

PORTUGAL (2012) apresenta procedimentos de análise de impactos para PGV. A Tabela 3 descreve alguns desses procedimentos segundo o tipo do PGV, os impactos considerados e as etapas adotadas.

Tabela 3: Descrição de estudos de impactos para PGV.

Autor	PGV abordado	Impacto considerado	Etapas adotadas
CET-SP (1983)	Diversos	Sistema Viário	Modelos de geração de viagens; viagens na hora-pico; divisão modal; área de influência; sugere a análise de impacto avaliada em três níveis: impacto na área do entorno, impacto nas vias de acesso e impacto na área de influência.
United States Department of Transportation/ITE (1985)	Diversos	Sistema Viário	Estabelece 7 fases de estudo: definição da área de estudo; estimativa futura sem o PGV do pico horário do tráfego; estimativa do pico horário a partir do funcionamento do PGV; estabelece horizontes de estudo; taxas de geração, distribuição e alocação de viagens; e negociação entre órgãos locais e planejadores e implementação de melhorias.
GOLDNER; PORTUGAL (1995)	Diversos	Sistema viário e de transportes	Delimitação da área de influência; geração de viagens; distribuição de viagens; alocação do tráfego; oferta viária; escolha modal; definição de cenários de análise; soluções alternativas, análise de desempenho, avaliação e tomada de decisões.

Continuação da Tabela 3			
Autor	PGV abordado	Impacto considerado	Etapas adotadas
MENEZES (2000)	Diversos	Ambiental e sistema viário	Localização e caracterização do PGV; determinação da área de influência; do fluxo de veículos; da capacidade e níveis de serviço da rede viária; determinação e verificação dos níveis ambientais e de serviço para a situação anterior e pós-implantação do PGV; determinação do número de viagens geradas; distribuição e alocação das viagens geradas pelo PGV; níveis de serviço das vias; determinação dos níveis ambientais da rede após o PGV.
Sistema de Evaluación de Impactos sobre el Sistema de Transporte Urbanos - SEISTU (2012)	Diversos	Sistema viário e de transportes	Estudo da estimativa de demanda; análise da oferta viária; estabelecimento de quatro tipos de procedimentos em função do porte do empreendimento, estudo tático complexo e estudo estratégico. Envolvem estabelecimento da área de influência, caracterização da situação atual, estimativa da demanda de transporte, definição da oferta viária, modelagem e simulação, proposição de medidas de mitigação, avaliação de alternativas, esquema físico e operacional, apresentação das informações para aprovação.

Continuação da Tabela 3			
Autor	PGV abordado	Impacto considerado	Etapas adotadas
SINAY; QUADROS (2002)	Diversos	Sistema viário e de transportes	Localização; determinação da área de influência e caracterização da rede; matriz origem/destino, distribuição e alocação de viagens; determinação do nível ambiental da rede; instalação do PGV.
ITE (2005)	Diversos	Sistema Viário	Previsão do tráfego não local (de passagem) e a previsão do tráfego gerado pelo PGV (tráfego local); estudo de distribuição de viagens e alocação de tráfego.
VARGAS (2005)	Diversos	Sistema viário	Início (necessidade identificada e transformada em um problema a ser resolvido); planejamento (detalhamento do projeto); execução (materialização do planejamento); controle e monitoramento (ocorre paralelamente ao planejamento operacional e à execução do projeto); encerramento (avaliação para que erros similares não ocorram novamente).
Final da Tabela 3			

Fonte: Adaptado de PORTUGAL (2012).

2.2.1 Estudos de impacto para instituições de ensino

Os estudos de impacto de viagens relacionadas a uma nova instituição de ensino, segundo PORTUGAL (2012), requerem uma divisão das viagens por categorias de tal forma que facilite a compreensão das viagens geradas pelas instituições:

1. viagens específicas: são viagens com o intuito de chegar ou sair da instituição. Podem ser não motorizadas ou motorizadas. No caso desta última, há a necessidade de uma subdivisão.
 - viagens específicas com estacionamento: são as viagens nas quais o condutor também é um usuário da instituição. Neste caso, admite-se que o veículo permanecerá no local.
 - viagens específicas sem estacionamento: são as viagens realizadas com a finalidade de levar ou buscar um usuário da instituição. O veículo chega e parte do local em horários coincidentes com início e fim das aulas.
2. viagens desviadas: são realizadas por veículos que alteram sua trajetória inicial devido à presença da instituição de ensino. Como exemplo, temos os casos de pais que alteram o trajeto casa-trabalho para deixar ou buscar seus filhos nas instituições. Os impactos gerados neste caso são semelhantes aos das viagens específicas sem estacionamento.
3. viagens não desviadas: São viagens que não dizem respeito à instalação do PGV no local, pois já ocorriam antes. Estas viagens não são consideradas na determinação da geração de viagens, porém são de interesse para determinação de áreas de embarque/desembarque. Se as paradas não ocorrerem em locais adequados elas poderão causar impactos na circulação da via.

Para efeito da análise do impacto gerado pela implantação de um PGV sobre a circulação de veículos, são consideradas apenas as viagens específicas e as viagens desviadas, visto que as viagens não desviadas não estão relacionadas com o empreendimento em questão.

2.3 Modelos de regressões

Dentre os métodos de análise de geração de viagens, um dos mais utilizados segundo o DNIT (2006) é o baseado em regressões. Este consiste em estabelecer funções matemáticas capazes de representar o relacionamento existente entre duas ou mais variáveis. São considerados dois principais tipos de análise:

- Regressão Simples: consiste na determinação de uma função envolvendo apenas duas variáveis: variável independente e variável dependente, e que melhor se ajusta a um conjunto de pares de valores dados.
- Regressão Múltipla: consiste na determinação de uma função envolvendo mais de duas variáveis, sendo uma dependente e as demais independentes e que melhor se ajusta a um conjunto de grupos de valores dados.

As funções que se revelaram de maior utilidade nos estudos de tráfego, de acordo com DNIT (2006), são:

- Função linear:

$$y = a_0 + a_1x \quad (1)$$

- Função do segundo grau:

$$y = a_0 + a_1x + a_2x^2 \quad (2)$$

- Função potencial:

$$y = ax^b \quad (3)$$

$$a > 0$$

- Função exponencial:

$$y = ab^x \quad (4)$$

$$a > 0$$

ou

$$y = ae^{bx} \quad (5)$$

- Função logarítmica:

$$y = a + b \ln x \quad (6)$$

ou

$$y = a + b \log_{10} x \quad (7)$$

- Função logística:

$$y = \frac{c}{1 + ae^{-bx}} \quad (8)$$

2.3.1 Requisitos para validade estatística

Conforme explicitado em DNIT (2006), "em estudos de tráfego é praticamente impossível determinar com exatidão as variáveis de interesse. Mesmo tomando cuidado em levantar dados da forma mais correta possível, tem-se que admitir que os resultados obtidos apresentam alguma margem de erro". DNIT (2006) apresenta termos para validar estatisticamente uma análise de geração de viagens obtida através da regressão linear:

- Coeficiente de determinação “ r^2 ”: indica o grau de associação entre as variáveis dependente e independentes. Quanto mais próximo a 1,00, maior será a confiabilidade da correlação testada.
- Erro padrão da estimativa “p”: indica o grau de variação dos dados em relação à linha de regressão obtida; matematicamente, é a medida do erro esperado ao se calcular a variável dependente a partir das variáveis independentes da equação proposta.
- Teste “t”: indica a significância do coeficiente de regressão de cada variável independente na equação de regressão; em geral, “t” deve ter um valor no mínimo de 2,0 para significância; o valor de “t” é calculado pela divisão do coeficiente de regressão pelo seu erro padrão. As variáveis que possuam um “t” menor do que 2,0 não tem uma relação significativa com a variável dependente e, portanto, não contribuem para uma correlação confiável.

ITE (2008) também apresenta suas próprias condições para as análises de regressões:

- “ r^2 ” maior ou igual a 0,5;
- A quantidade de locais analisados deve ser de no mínimo quatro;
- O número de viagens deve ser diretamente proporcional à variável independente.

2.4 Modelos de geração de viagens

Nos EUA, a publicação mais difundida e utilizada para os cálculos de previsão de viagens em PGVs é a *Trip Generation Manual*, do ITE. Os modelos do ITE são elaborados a partir do levantamento do número de viagens de veículos nos acessos ao empreendimento em vários PGVs de mesmo tipo e, de posse desses dados, elaboram-se as taxas e modelos de geração de viagens, correlacionando o número de viagens com variáveis explicativas, tais como área do empreendimento, número de empregados, etc. SCHMITZ (2010)

As taxas e modelos de geração de viagens propostos na publicação do ITE são utilizadas também em vários outros países, quando os mesmos não possuem estudos sobre a realidade local. No entanto, deve-se tomar cuidado ao se utilizar as taxas do ITE em condições distintas, visto que essas taxas tendem a superestimar a geração de viagens, principalmente se utilizadas no meio urbano, em áreas compactas ou em regiões ocupadas por população de baixo poder aquisitivo. Por causa disso, é importante o desenvolvimento sistemático de tais taxas que compreendam as especificidades locais e sua atualidade, para previsões mais compatíveis com a realidade. PORTUGAL (2012)

Para este capítulo, optou-se por realizar uma análise baseada no livro *Polos Geradores de Viagens orientados a qualidade de vida e ambiental: modelos e taxas de geração de viagens* escrito

por diversos autores ibero-americanos especializados na área e organizados por PORTUGAL (2012).

Durante a pesquisa bibliográfica foi possível constatar que ainda há poucos estudos e modelos de geração de viagens específicos para instituições de ensino na literatura brasileira, quando se comparado com outros polos geradores como *shopping centers*.

Uma breve síntese de alguns estudos estão apresentadas nos itens 2.4.1 a 2.4.6 divididos por tipo de PGV.

2.4.1 Estabelecimentos residenciais

Cerca de 80% das viagens de passageiros tem como origem ou destino suas residências, de acordo com ORTÚZAR (2011). Apesar do grande contingente de viagens, PORTUGAL (2012) considera que são poucos os estudos sobre modelos de geração de viagens para as edificações residenciais. Dos trabalhos analisados por PORTUGAL (2012), apenas ITE (2008) apresentou equações e regressões para cada uso do solo estudado. Os demais apresentam estimativas através de índices ou taxas.

As variáveis independentes utilizadas para os diferentes tipo de edificações residenciais foram:

- número de unidades residenciais;
- número de pessoas;
- número de veículos;
- número de vagas de estacionamento;
- área urbanizada.

2.4.2 Hotéis

Embora presente em grande número nas médias e grandes cidades, principalmente nas relacionadas ao turismo de lazer ou mesmo de negócios, PORTUGAL (2012) acredita que estes PGV ainda não foram estudados devidamente. Entre as fontes bibliográficas destacadas por PORTUGAL (2012), todos os trabalhos utilizaram regressão linear simples ou múltipla e utilizaram como variáveis independentes o número de quartos ou o número de empregados, o que, segundo CHIBIAQUI (2017) evidencia a influência dos trabalhos do ITE na produção das pesquisas relacionadas ao tema.

2.4.3 Hospitais

Os empreendimentos de saúde de podem ser classificados como postos de saúde, centros de saúde, policlínicas, hospitais gerais, hospitais especializados, prontos-socorros gerais, prontos-socorros especializados, consultórios e clínicas especializadas ou ambulatórios de especialidade. Essa diferença de características desses empreendimentos dificulta a comparação dos elementos de análise desses PGVs.

Para PORTUGAL (2012), o número de casos estudados relacionados aos estabelecimentos de saúde, principalmente no que diz respeito aos modelos de geração de viagens, é relativamente escasso quando comparado com outros PGVs tradicionais, como os *shopping centers*; e que grande parte dos trabalhos encontrados faz análises de impactos utilizando os modelos e taxas encontradas nos manuais do ITE. As variáveis independentes mais frequentes nos modelos analisados foram a quantidade de leitos instalados e a área construída. Alguns modelos também consideram a quantidade de médicos e de funcionários nos estabelecimentos de saúde.

OLIVEIRA (2017) utilizou a técnica de regressão linear simples e múltipla para elaborar os modelos de geração de viagens. As variáveis independentes utilizadas foram: área construída, número de leitos e número de funcionários.

2.4.4 Shopping Centers

Os estudos sobre *shopping centers* como PGVs são melhor contemplados na bibliografia, seja pela sua capacidade de gerar viagens, seu porte ou abundância desse tipo de empreendimento.

A análise sobre os modelos de geração de viagem encontrados no contexto ibero-americano apresentados por PORTUGAL (2012) reforça a influência exercida pelos estudos do ITE, onde a maioria dos trabalhos se divide em regressões lineares e taxas de geração de viagens. Dos trabalhos selecionados por PORTUGAL (2012) apenas o de ROSA (2003) utilizou regressão linear bivariada, sendo as variáveis independentes a área bruta locável e a renda média mensal e a variável dependente o volume de veículos no sábado. Todos os demais utilizaram regressão linear simples.

Entre os modelos analisados por PORTUGAL (2012), temos o de Lenise Grando Goldner de 1993. Este modelo aborda *Shopping Centers* e o dimensionamento de seu estacionamento e trata-se de um aperfeiçoamento do modelo da mesma autora feito em 1986. Na época (1993) havia 90 *shopping centers* filiados à Associação Brasileira de *Shopping Centers* (ABRASCE) em todo o país, contra os 571 atuais. O modelo é baseado em regressão linear simples, usando a área bruta locável (m^2) como variável para a estimativa do volume de veículos atraídos para os *shopping centers*.

As etapas do estudo incluem:

- delimitação da área de influência;
- análise do sistema viário e de transporte;
- geração de viagens;
- escolha modal;
- distribuição de viagens.

Chegou-se em uma série de equações para *shopping centers* com e sem supermercados para sextas-feiras e sábados para empreendimentos do perímetro urbano. A seguir temos as equações finais do modelo:

(a) *Shopping center* dentro de área urbana sem supermercado.

Sexta feira.

$$Vv = 0,2597 \cdot X + 433,1448 \quad (9)$$

$$R^2 = 0,6849$$

(b) *Shopping center* dentro de área urbana sem supermercado.

Sábado.

$$Vv = 0,308 \cdot X + 2057,3977 \quad (10)$$

$$R^2 = 0,7698$$

(c) *Shopping center* dentro de área urbana com supermercado.

Sábado.

$$Vv = 0,3054 \cdot X + 1732,7276 \quad (11)$$

$$R^2 = 0,8941$$

Sendo que, em todas as equações:

Vv = Volume de veículos atraídos

X = Área bruta locável (m^2)

Para o caso da estimativas para o volume de veículos atraídos nas sextas-feiras por um *Shopping center* com supermercado dentro da área urbana, conforme em GRANDO (1986), é recomendado a multiplicação do valor encontrado no sábado pelo fator 0,74.

Além dos estudos indicados por PORTUGAL (2012), destaca-se o recente trabalho de OLIVEIRA (2017). Este elaborou modelos de geração de viagens para a cidade de Belo Horizonte,

incluindo modelos para shoppings centers. Os modelos foram desenvolvidos com a técnica de regressão linear simples e múltipla. As variáveis independentes utilizadas foram: área construída, número de vagas de estacionamento, número de lojas e capacidade do cinema.

2.4.5 Supermercados

Em relação ao desenvolvimento de atividades comerciais na área urbana existe a preocupação quanto à implantação de Shopping Centers e Supermercados. Segundo GASPARINI (2012), estes, como grandes polos geradores de viagens, se caracterizam por impactar a acessibilidade e o desempenho dos sistemas de transportes e viário, em função do alto poder de atratividade tanto de veículos particulares quanto veículos de carga, como também por promover mudanças no uso do solo e no desenvolvimento urbano. Devido a fatores como esses, é fundamental que o licenciamento para sua implantação esteja associado a um estudo dos impactos nas vias próximas ao mesmo.

Como consequência, segundo PORTUGAL (2012), o número excessivo de veículos em vias sem capacidades para atendê-los, gera conflitos no trânsito das grandes metrópoles, como congestionamentos, acidentes, impactos no ambiente e degradação da qualidade de vida da população. Com isso, se faz necessário prever e tratar potenciais impactos provenientes dos polos geradores de viagem. Visto que estes têm por características gerar um grande fluxo de viagens.

ITE (2008) apud Portugal (2012) estimou valores das taxas e modelos utilizando regressão linear simples. A maioria dos outros estudos utilizou o de ITE como base e também fez uso de regressão linear simples para estimar seus modelos, exceto por um dos estudos que se destacou por utilizar regressão linear múltipla. A variável independente frequentemente utilizada pelos estudos foi a área total construída do empreendimento.

Em seu Boletim Técnico, nº 36, publicado em 2000, a CET-SP apresenta uma atualização do estudo publicado no Boletim Técnico, nº 32, de 1983. Assim como em outros modelos, a hipótese utilizada é a de que o porte do empreendimento é o principal responsável pela atratividade de veículos. As etapas de estudo incluem:

- modelos de geração de viagens;
- viagens no horário de pico;
- divisão modal;
- área de influência;
- avaliação do impacto em três níveis:
 - impacto na área de entrono;

- impacto nas vias de acesso;
- impacto na área de influência.

Com o estudo dessas etapas, é possível verificar os trechos das vias que haverá alteração no volume de tráfego e assim projetar recomendações de alterações funcionais.

O estudo aborda diversos PGVs. A partir dessa análise chegou-se à duas equações para a taxa de viagens por m² de área computável dos empreendimentos de uma sexta-feira e um sábado.

(a) Sexta-feira

$$DA = 0,28 \cdot AC - 1366,12 \quad (12)$$

$$R^2 = 0,99$$

(b) Sábado

$$DA = 0,33 \cdot AC - 2347,55 \quad (13)$$

$$R^2 = 0,98$$

Sendo que, em todas as equações:

DA = Demanda de autos (atraída autos/dia)

AC = Área computável (m²)

Obs.: Área computável = Área construída total - Área construída de garagens - Área deático e de caixas d'água

OLIVEIRA (2017) utilizou a técnica de regressão linear simples e múltipla para elaborar os modelos de geração de viagens, e as variáveis independentes utilizadas foram: área construída, número de vagas de estacionamento e número de checkout. GALARRAGA (2014), na Argentina, elaborou modelos de regressão linear e regressão linear com base logarítmica, e com as variáveis independentes sendo área total construída, quantidade de funcionários e volume horário de tráfego da rua adjacente.

2.4.6 Estabelecimentos de ensino

As viagens geradas por instituições de ensino, quando motivadas pelo ato de acesso à educação, têm características marcantes. Além de as viagens geradas ocorrerem de modo regular e em horários coincidentes com os picos de tráfego no sistema viário, também atuam de forma muito semelhantes às viagens realizadas por motivo de trabalho. Isto é, conforme observado por ORTÚZAR (2011), as viagens por este motivo podem ser consideradas compulsórias, pois indiferente da origem ser o local de domicílio do usuário, que é um critério relevante para considerar

se o estabelecimento de fato gerou uma viagem ou não, elas são dominantes no cronograma diário de cada indivíduo. Portanto, é importante delimitar os impactos que a implantação de um PGV desse tipo pode causar no seu entorno (PORTUGAL, 2012).

2.5 Modelos de geração de viagens para Instituições de Ensino Superior

Neste capítulo são apresentados cinco estudos brasileiros, sendo eles CET-SP (1983), TEC-TRAN (2003, 2004), NUNES (2005), SOUZA (2007) e um americano ITE (2008) sobre caracterizações das viagens em instituições de ensino superior. Ao final deste trabalho, os modelos são comparados para uma mesma instituição hipotética.

2.5.1 CET 1983

Uma das pioneira nos estudos de geração de viagens no Brasil, a Companhia de Tráfego de São Paulo realizou estudo com cinco escolas e faculdades paulistanas para estimar o número médio de viagens atraídas na hora de pico. As variáveis analisadas foram: número de alunos, número de salas de aula e área total das salas de aula. O modelo seguinte mostra a geração de viagens para todas as categorias de viagens em função do número de alunos.

$$V = 0,432 \cdot NA - 106,303 \quad (14)$$

$$R^2 = 0,707$$

Onde:

V = Estimativa do número médio de viagens atraídas pelo PGV na hora de pico

NA = Número total de alunos

Limitação: O modelo só deve ser aplicado para $NA < 13000$.

O modelo foi ainda utilizado para determinar a necessidade de vagas de estacionamentos através da seguinte equação:

$$NV = 0,29 \cdot V \quad (15)$$

Onde:

NV = Número de vagas de estacionamento necessárias

V = Estimativa do número médio de viagens atraídas pelo PGV na hora de pico

2.5.2 TECTRAN 2003, 2004

Os estudos do TECTRAN apresentam taxas de geração de viagens diárias, com a utilização de fatores de hora de pico para estimar as viagens atraídas na entrada e produzidas na saída das instituições. A variável dependente utilizada foi o número de alunos matriculados. Os modelos do TECTRAN utilizam ainda fatores da hora de pico para estimar as viagens atraídas na entrada ou produzidas nas saídas das instituições.

A equação resultante para a estimativa de viagens atraídas nas instituições foi:

$$V = 1,174 \cdot NA \cdot FHP \quad (16)$$

onde:

V = número total de viagens atraídas no horário de pico

NA = Número total de alunos

FHP = fator hora de pico referente às viagens atraídas = 0,634.

O diferencial do modelo é a possibilidade de distribuir as viagens por modo de transporte levando em conta a porcentagem da participação modal, baseado em observações em instituições semelhantes, conforme Tabela 4.

Tabela 4: Elementos dos estudos da TECTRAN

Ano	Horário de pico	Distribuição modal	Fator de ocupação (passageiro/veículo)
2003	18:00-19:00	automóvel = 35% ônibus = 32% vans = 21% a pé/outros = 13%	automóvel = 1,39 ônibus = 45 vans = 12
2004	18:00-19:00	automóvel = 44,98% ônibus = 38,01% a pé/outros = 17,01%	automóvel = 1,38 ônibus = 54,6

Fonte: TECTRAN

2.5.3 Nunes 2005

NUNES (2005) realizou estudos com o objetivo de determinar parâmetros para estimar o número de vagas de estacionamento para as IES do Distrito Federal (DF). Foram analisadas 10 instituições com entre 715 e 26224 alunos. Para a elaboração do modelo foram utilizadas como variável independente a demanda crítica dos estacionamentos das instituições e como dependente o número de alunos matriculados. O modelo de regressão baseado na área construída

não apresentou coeficiente de determinação (r^2) satisfatório, sendo de apenas 0,376. O modelos chegou em duas equações estatisticamente significativas para $\alpha = 0,5\%$, abaixo.

Modelo para IES com $NA < 15000$:

$$DC = 534,73 \cdot \ln(NA) - 3241,1 \quad (17)$$

$$R^2 = 0,712$$

Modelo para IES com $NA > 15000$:

$$DC = 0,181 \cdot NA \quad (18)$$

$$R^2 = 0,937$$

Onde:

DC: demanda crítica, que corresponde ao número de vagas de estacionamentos necessárias

NA: número de alunos matriculados na instituição.

2.5.4 Souza 2007

O estudo utilizou como base nove instituições de ensino superior do Distrito Federal, com número de alunos entre 243 e 3304, para determinar taxas e modelos de geração de viagens. O modelo apresenta como variável dependente o número de viagens realizadas por todos os usuários ou apenas por alunos. O estudo ainda apresenta distribuição modal, conforme Tabela 5.

As melhores equações encontradas são apresentadas abaixo.

Modelo para atração de viagens:

$$NAA = 0,503 \cdot NA \quad (19)$$

$$R^2 = 0,94$$

Modelo para produção de viagens:

$$NAP = 0,409 \cdot NA \quad (20)$$

$$R^2 = 0,93$$

onde:

NAA = Número de viagens por automóveis atraídas

NAP = Número de viagens por automóveis produzidas

NA = Número total de alunos

Tabela 5: Distribuição modal dos estudos de SOUZA (2007)

Viagem	Turno	Automóveis	Ônibus	A pé	Outros
Atração	Manhã	58,51%	28,23%	7,12%	6,14%
Atração	Tarde	45,66%	42,20%	5,68%	6,46%
Produção	Manhã	55,45%	27,70%	6,55%	10,30%
Produção	Tarde	47,58%	34,48%	6,68%	11,26%

Fonte: SOUZA (2007)

2.5.5 ITE 2008 - Estados Unidos

O Institute of *Transportation Engineering* (ITE) apresenta em suas edições do *Trip Generation Manual*, várias equações e gráficos de dispersões de seus estudos de taxas e modelos de geração de viagens por veículos de passeio para os empreendimentos. O procedimento apresenta recomendações para estudos de impactos de empreendimentos novos e ampliação de empreendimentos já existentes que estabeleçam planejamentos de acesso local, circulação interna, definição de áreas de estacionamento e alternativas de melhorias no entorno. Além disso, aborda elementos como geração, distribuição e alocação de viagens, análise de nível de serviço e preparação de relatórios de análises de impacto de tráfego. A estrutura inclui uma preocupação com as condições atuais e futuras com e sem PGV. Diferentemente de outros estudos, em alguns casos, o ITE apresenta relações exponenciais e logarítmicas entre a variável independente e o volume de veículos atraídos.

O procedimento envolve parâmetros de projeto em função dos horizontes de estudo (ano 0, 5, 10 e 20 após a inauguração do empreendimento), estabelecimento dos fatores de crescimento de tráfego sem e com o PGV, análise dos níveis de serviço sem e com o PGV, previsão do tráfego para o PGV e negociação entre os órgãos locais e projetistas na busca pelas melhores proposições.

A Equação 21 representa as viagens geradas para um dia útil para IES e considera que 50% das viagens são de atração e 50% de produção. Este modelo foi gerado com base em sete instituições de ensino superior.

$$Y = 2,23 \cdot X + 440 \quad (21)$$

$$R^2 = 0,98$$

Onde:

Y = Número médio de viagens veiculares para um dia útil

X = Número de estudantes

O modelo da Equação 22 foi feito com base em cinco instituições de ensino superior e considera 75% das viagens como atração e 25% como produção.

$$\ln(Y) = 0,85 \cdot \ln(X) - 0,35 \quad (22)$$

$$R^2 = 0,95$$

Onde:

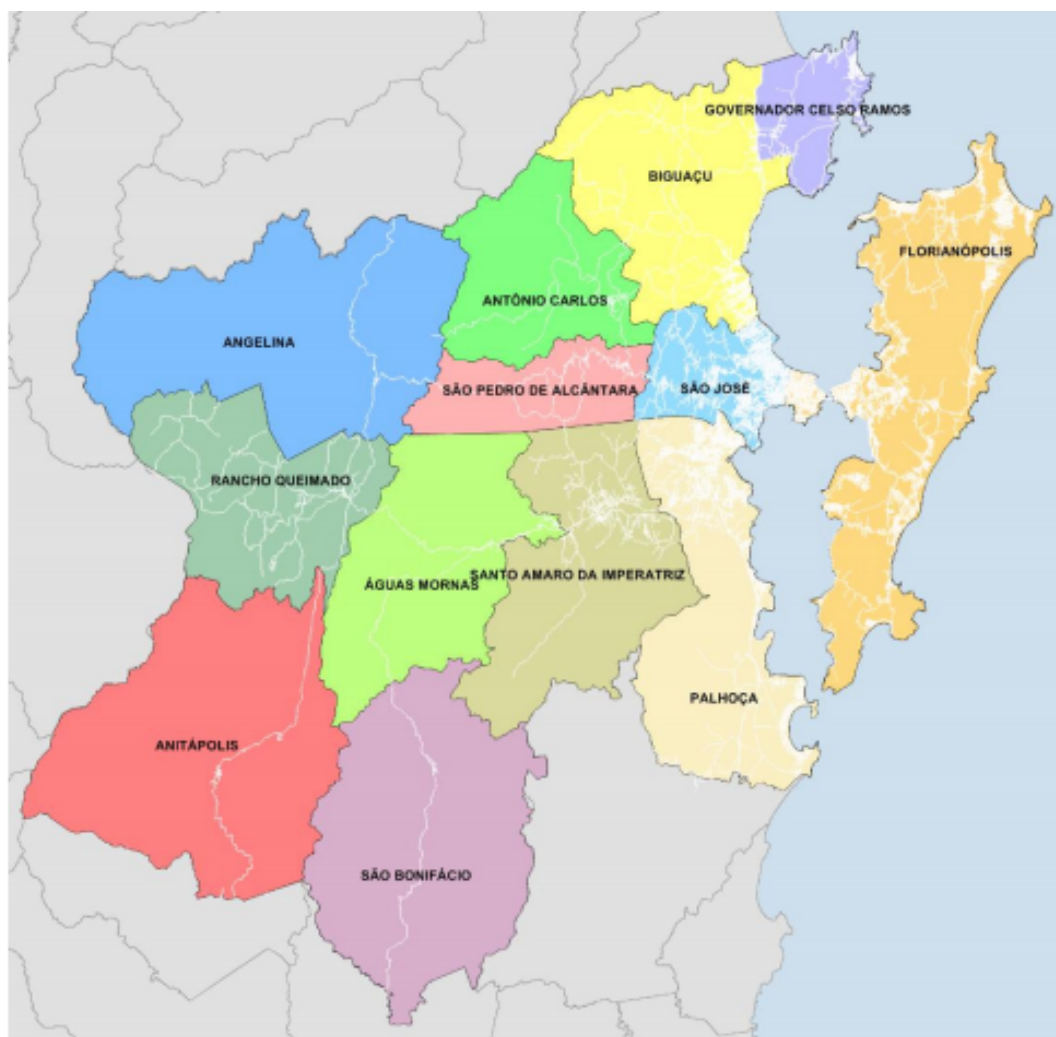
Y = Número médio de viagens veiculares no horário de pico

X = Número de estudantes

3 Área de estudo: Região Metropolitana de Florianópolis

Este capítulo apresenta uma breve abordagem sobre o histórico de crescimento da Região Metropolitana de Florianópolis (RMF) com seus 13 municípios, conforme Figura 1.

Figura 1: Região Metropolitana de Florianópolis



Fonte: PLAMUS

Tabela 6: População da RMF.

Município	População
Florianópolis	453.258
São José	224.779
Palhoça	150.623
Biguaçu	62.383
Santo Amaro da Imperatriz	21.221
Governador Celso Ramos	13.655
Antônio Carlos	7.906
Águas Mornas	5.926
São Pedro de Alcântara	5.139
Angelina	5.166
Anitápolis	3.259
São Bonifácio	2.989
Rancho Queimado	2.827
Região	959.158

Fonte: PLAMUS

No ano de 2013, Florianópolis contava com pouco mais que 450000 habitantes, o dobro da segunda cidade mais populosa da região, conforme dados da Tabela 6. A Figura 2 apresenta o crescimento de alunos matriculados em instituições de ensino superior entre os anos de 2008 e 2012, mostrando que neste último os alunos de ensino superior somavam cerca de 48000, valor aproximado de 10% da população da cidade.

A Ilha de Santa Catarina passou por processos de crescimento importantes a partir da segunda metade do século XX, como a implantação de rodovias, como a BR-101, a Universidade Federal de Santa Catarina e a construção da Av. Rubens de Arruda Ramos. Todas estas constituem para a maior conectividade da ilha-continente e favorece a criação de novas dinâmicas locais. (Prefeitura Municipal de Florianópolis)

O contínuo urbano da Região Metropolitana de Florianópolis apresenta uma área total de 18.409 hectares e ainda se encontra parcialmente fragmentado. (Prefeitura Municipal de Florianópolis) Florianópolis e os municípios de São José, Palhoça e Biguaçu apresentam uma continuidade forte da mancha urbana atual que se estende aos municípios de Antônio Carlos, São Pedro de Alcântara, Santo Amaro da Imperatriz e Águas Mornas através de eixos de expansão bem definidos.

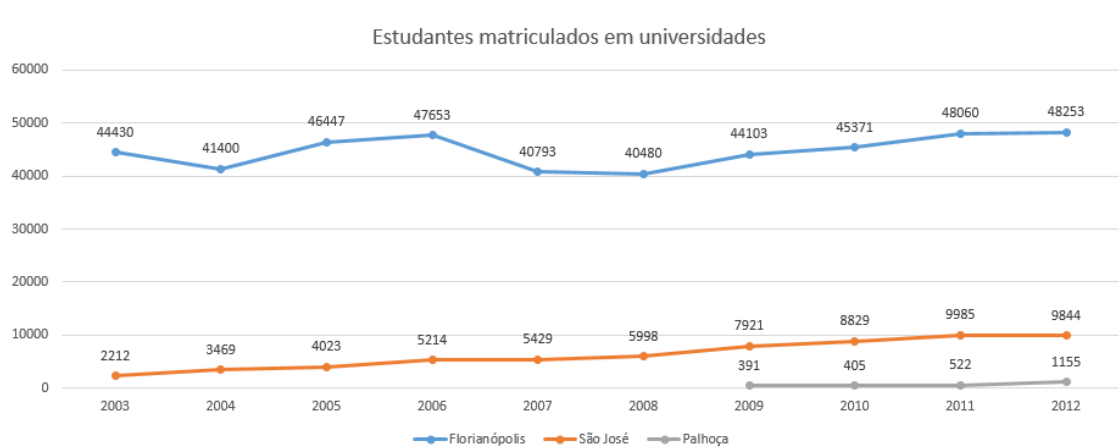
A Capital do estado também se destaca entre as demais cidades de sua região metropolitana como a com o maior poder de atração e produção de viagens. Dentre as demais, apenas as cidades vizinhas Palhoça e São José apresentam números consideráveis de viagens, o que mostra como ainda é concentrada as atividades nessas cidades. A Tabela 7 mostra o total de viagens geradas e atraídas dentro da RMF para um dia típico do ano.

Tabela 7: Geração e atração de viagens na RMF

Município	Viagens geradas	Viagens atraídas
Florianópolis	862142	1125382
São José	487349	335677
Palhoça	205129	171405
Biguaçu	112301	62480
Santo Amaro da Imperatriz	32255	17490
Governador Celso Ramos	37865	28069
Antônio Carlos	19411	15308
Águas Mornas	7557	1946
São Pedro de Alcântara	3949	760
Angelina	6542	5580
Anitápolis	5537	5269
São Bonifácio	6310	5695
Rancho Queimado	4165	2546

Fonte: PLAMUS

Figura 2: Estudantes matriculados em IES

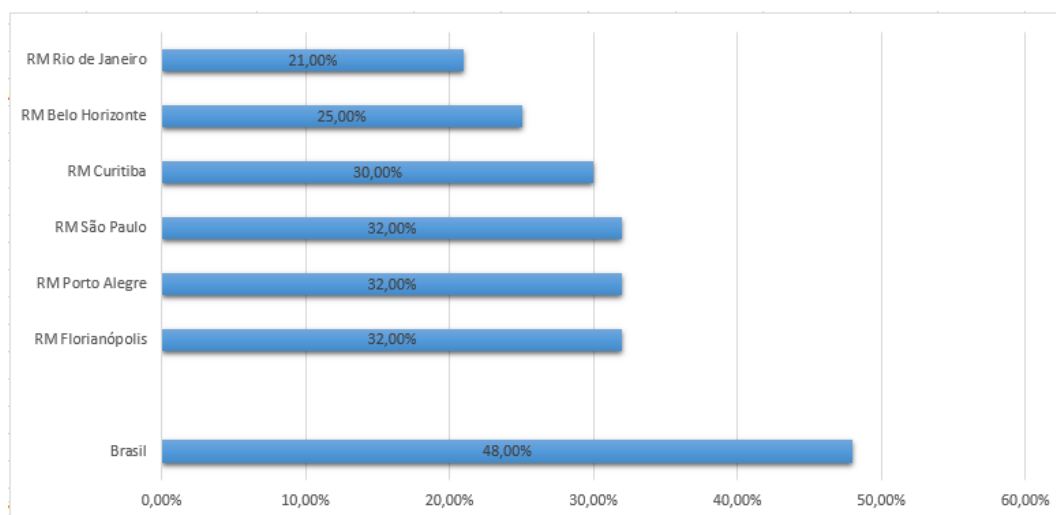


Fonte: Plataforma de Indicadores do Governo Federal

3.1 Perfil modal da RMF

De todas as Regiões Metropolitanas do Brasil de que se possuem dados, a Região Metropolitana de Florianópolis é a que possui a maior participação do uso do automóvel para a realização das viagens, conforme Figura 3.

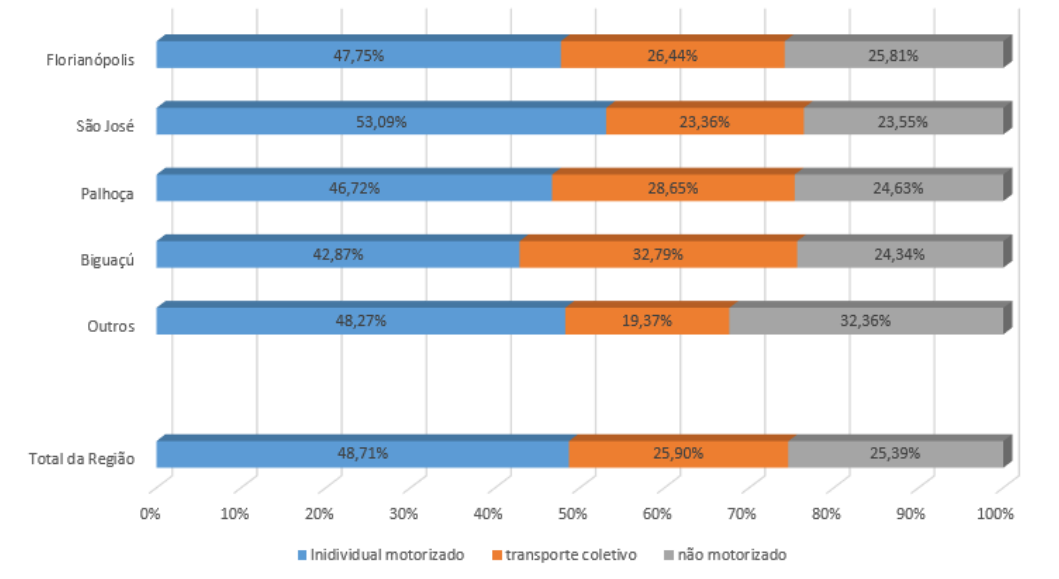
Figura 3: Distribuição modal das viagens para regiões metropolitanas brasileiras



Fonte: PLAMUS

De todos os deslocamentos realizados na região, 48% são feitos de carro ou moto, 26% são realizados de ônibus, e 26% a pé ou de bicicleta. A Figura 4 mostra um comparativo da distribuição modal nas viagens realizadas na RMF.

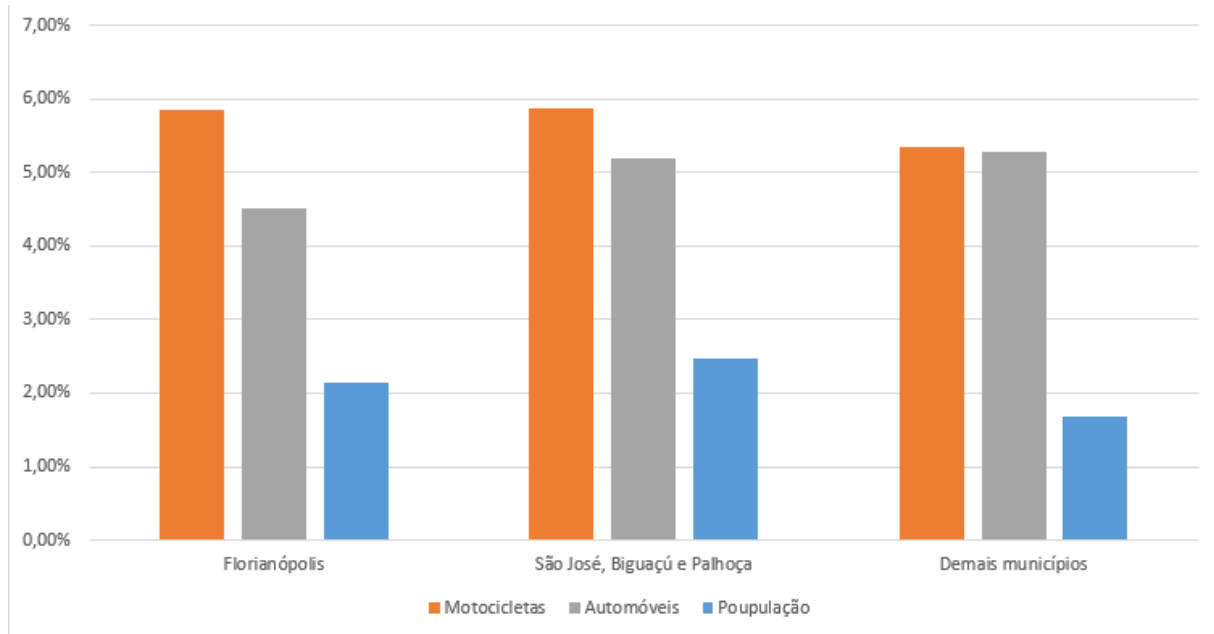
Figura 4: Distribuição modal das viagens na RMF



Fonte: PLAMUS

A RMF também se caracteriza por ter uma taxa de crescimento de automóveis e de motocicletas maior que a taxa de crescimento populacional. Como visto na Figura 5, a taxa de crescimento de automóveis foi de quase três vezes a taxa de crescimento populacional em Florianópolis no período entre 2010 e 2014. Esses dados reforçam a necessidade de um estudo abrangente sobre mobilidade urbana na RMF, como sobre a implantação e/ou ampliação de diferentes tipos de polos geradores de viagens.

Figura 5: Taxa de crescimento populacional, de motocicletas e automóveis entre 2010 e 2014



Fonte: PLAMUS

3.2 PLAMUS

O Plano de Mobilidade Urbana Sustentável da Grande Florianópolis (PLAMUS) surgiu com o foco de buscar soluções de mobilidades integradas e abrangentes que facilitassem o deslocamento das pessoas. O estudo avaliou os diversos elementos urbanos que impactam na mobilidade de cada um dos 13 municípios da região metropolitana de Florianópolis (Anitápolis, Rancho Queimado, São Bonifácio, Angelina, Antônio Carlos, Águas Mornas, São Pedro de Alcântara, Santo Amaro da Imperatriz, Biguaçu, Governador Celso Ramos, São José, Palhoça e Florianópolis), orientando o seu desenvolvimento para a criação de cidades mais harmônicas e conectadas entre si, que aproximem as pessoas de suas atividades cotidianas, aumentando a qualidade de vida da região.

3.2.1 Objetivos do programa

Os objetivos do PLAMUS, assim como citados em seu portal da *internet* foram:

- Desenvolver e aplicar uma visão mais abrangente sobre a mobilidade urbana, que transcenda a discussão de modais e oferta de infraestrutura;
- Tratar o conceito de mobilidade como a facilidade de se chegar a destinos (acessibilidade);

- Promover sustentabilidade econômica e ambiental e
- Estimular o crescimento inteligente e orientar o desenvolvimento urbano para um sistema de transporte coletivo mais eficaz.

3.2.2 Etapas do programa

Entre os meses de janeiro e junho de 2014, uma equipe de pesquisadores percorreu os 13 municípios da RMF para identificar as principais viagens realizadas diariamente pelas pessoas, considerando suas motivações ou propósitos (como ir ao trabalho, à escola, saúde etc) e o tipo de transporte utilizado. Esse mapeamento mostrou os fluxos de mobilidade, dando base para futuros estudos de crescimento sustentado para os anos seguintes. O programa como um todo foi dividido nas seguintes etapas:

- Preparação e planejamento da pesquisa
 - Pesquisa de campo
 - Zoneamento e infraestrutura urbana
 - Modelo de simulação
 - Melhores práticas e lições aprendidas
 - Expectativas dos agentes públicos e privados
 - Diagnóstico do modelo institucional e soluções contratadas
- Realização das Pesquisas e levantamentos em campo
 - Captura de dados e informações de demanda
 - Consolidação das variáveis condicionantes da demanda
- Aplicação da avaliação e modelagem dos dados de pesquisa
 - Identificação e articulação de soluções alternativas de mobilidade
 - Definição das diretrizes e metas de mobilidade urbana
 - Consolidação dos cenários com soluções
 - Identificação e estimativa de potenciais benefícios
- Avaliação de alternativas de soluções
 - Priorização do cenário proposto
 - Articulação e caracterização das soluções propostas

- Elaboração dos modelos de viabilização das soluções propostas
- Desenho do modelo institucional de gestão integrada
- Consolidação das propostas e plano de implementação

3.2.3 Pesquisa origem-destino domiciliar

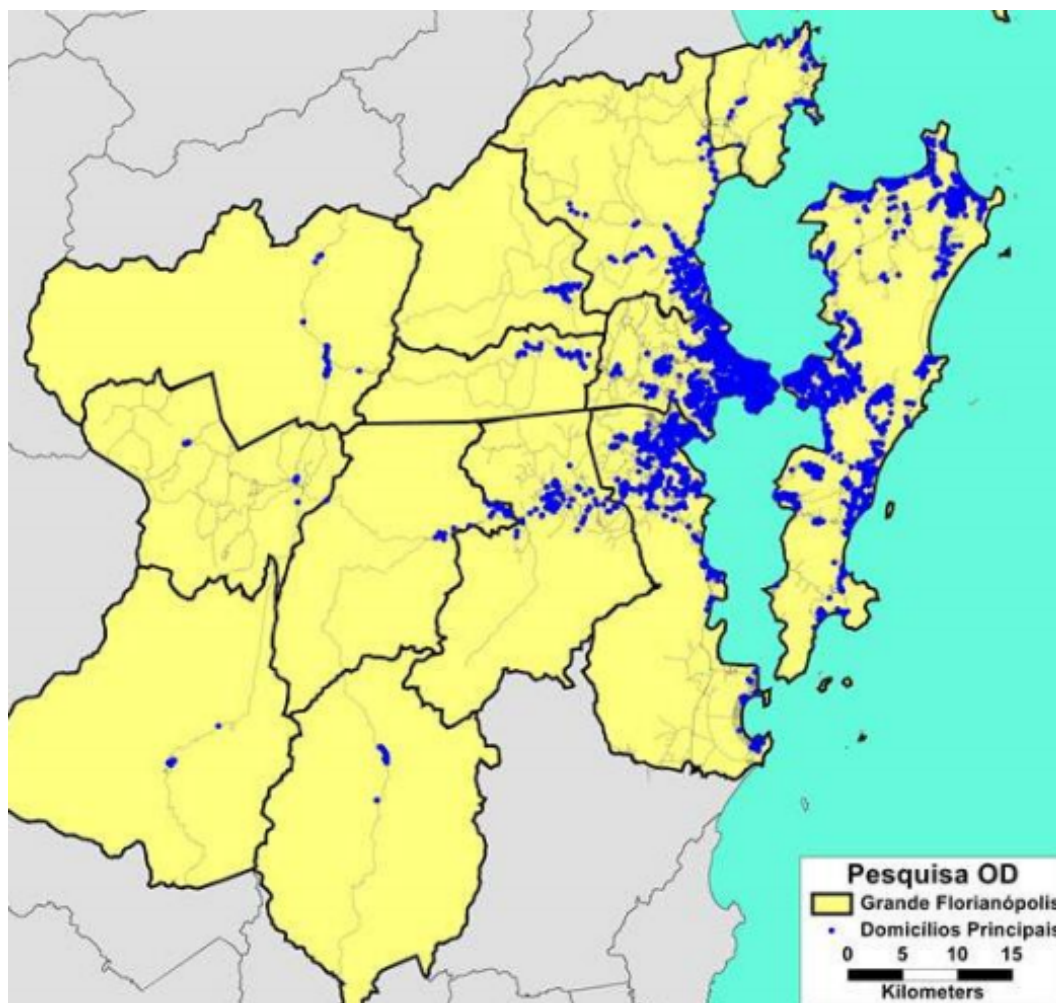
Parte do estudo do PLAMUS consistiu em realizar uma pesquisa de origem-destino a fim de identificar o comportamento das pessoas com relação aos deslocamentos realizados em um dia típico visando levantar o número de viagens realizadas pelos seus moradores. A pesquisa domiciliar foi realizada em todos os municípios da RMF, entre os meses de março a julho de 2014. Ao todo, foram entrevistados aproximadamente 12497 pessoas em 5465 domicílios. Determinou-se o mínimo de uma entrevista por estrato e de 50 entrevistas por macrozona.

Estratificação O esquema amostral da pesquisa é baseado em Amostragem Casual Estratificada. De acordo com os relatórios do PLAMUS, esse tipo de amostragem produz resultados mais confiáveis, visto que os padrões de deslocamento variam com a localização geográfica e a renda familiar. As 60 macrozonas em que a RMF foi dividida, foram subdivididas em 5 classes de renda, criando-se 300 estratos únicos. As Macrozonas são as definidas pelo IBGE, e respeitam os limites dos setores censitários. As faixas de renda são:

- Até 1 salário mínimo
- De 1 a 2 salários mínimos
- e 2 a 5 salários mínimos
- De 5 a 10 salários mínimos
- Acima de 10 salários mínimos

O mapa dos domicílios sorteados é representado na Figura 6. Essas entrevistas resultaram em 20839 respostas de viagens que formaram base para montar uma matriz de origem-destino para a RMF.

Figura 6: Mapa de domicílios sorteados



Fonte: PLAMUS

Zoneamento Para se ter uma delimitação geográfica para as origens e destinos das viagens, a área de estudo foi dividida em zonas de tráfego. Os 13 municípios que compõem a área de estudo foram, assim, divididos em 327 zonas, as quais foram agrupadas em um conjunto de 60 macrozonas e em um outro conjunto mais agregado de 36 superzonas.

Tabela origem-destino As respostas da pesquisa domiciliar estão compiladas em uma tabela origem-destino. Esta permite separar as viagens dos entrevistados por motivação (compras, escola/educação, lazer, outros/não sabe, residência, saúde e trabalho), tanto na origem como no destino, e por meio de transporte (ônibus, dirigindo automóvel, passageiro de automóvel, motocicleta, bicicleta, a pé, táxi, transporte fretado, transporte escolar e outros), possibilitando que sejam matrizes origem-destino de acordo com os filtros de interesse. A Figura 7 apresenta

parte da tabela em que podemos ver, em destaque, um exemplo de como duas pessoas (id 593 e 595) da mesma família (id 595) realizam uma viagem por motivo "escola/educação" a partir de suas residências. Enquanto um faz a viagem dirigindo automóvel, o outro faz eu percurso a pé.

Figura 7: Tabela origem-destino

ID_Domicilio	ID_Familia	ID_Morador	N_Morador	Viagem	Etapas	Motivo_O	Motivo_D	T	Motivo	Cod_MeioTransporte	MeioTransporte	Modo_def	Modos Motorizados	Hora_Saida	Hora_Chegada
4	228	706	3	1	1	Residência	Escola/Educação	HBS	9	9	transporte escolar	Outros	Coletivo	07:30	07:45
6	229	709	3	1	1	Residência	Escola/Educação	HBS	9	9	transporte escolar	Outros	Coletivo	13:00	13:30
22	237	730	2	1	1	Residência	Escola/Educação	HBS	9	9	transporte escolar	Outros	Coletivo	07:15	07:30
286	484	165	4	1	1	Residência	Escola/Educação	HBS	9	9	transporte escolar	Outros	Coletivo	12:45	13:15
290	488	172	3	1	1	Residência	Escola/Educação	HBS	9	9	transporte escolar	Outros	Coletivo	13:00	13:15
590	593	590	3	1	1	Residência	Escola/Educação	HBS	9	9	transporte escolar	Outros	Coletivo	07:15	07:40
590	593	591	4	1	1	Residência	Escola/Educação	HBS	9	9	transporte escolar	Outros	Coletivo	07:15	07:40
592	595	593	1	1	1	Residência	Escola/Educação	HBS	2	2	dirigindo automóvel	Privado	Individual	18:30	18:37
592	595	595	3	1	1	Residência	Escola/Educação	HBS	6	6	a pé	A Pé	x	07:10	07:25
596	599	602	2	1	1	Residência	Escola/Educação	HBS	6	6	a pé	A Pé	x	13:20	13:23
596	599	603	3	1	1	Residência	Escola/Educação	HBS	6	6	a pé	A Pé	x	13:20	13:25
2620	804	1919	2	1	1	Residência	Escola/Educação	HBS	9	9	transporte escolar	Outros	Coletivo	13:05	13:27
4026	1283	3062	2	1	1	Residência	Escola/Educação	HBS	6	6	a pé	A Pé	x	07:30	07:35
4028	1285	3066	3	1	1	Residência	Escola/Educação	HBS	3	3	passageiro de automóvel	Privado	Individual	13:15	13:20
340894	5495	12376	3	1	1	Residência	Escola/Educação	HBS	6	6	a pé	A Pé	x	07:45	07:50
340894	5495	12376	3	3	1	Residência	Escola/Educação	HBS	1	1	ônibus	Público	Coletivo	15:40	17:00
340894	5495	12377	4	1	1	Residência	Escola/Educação	HBS	6	6	a pé	A Pé	x	07:45	07:50

São os dados da pesquisa de origem-destino dessa pesquisa os utilizados neste trabalho. As viagens obtidas pela pesquisa foram ajustadas com os fatores de expansão fornecidos pelo próprio estudo.

Fatores de Expansão Cada linha da tabela de origem-destino é uma viagem diferente. E para cada viagem da pesquisa são aplicados fatores de expansão relativos às características dos entrevistados e dos domicílios de origem, como número de moradores, sexo, idade, renda, grau de instrução e ocupação profissional, visto que os padrões de deslocamento variam com a localização geográfica e a renda familiar. A expansão foi feita em três etapas: primeiro, o número de domicílios foi expandido, depois a população e, por último, as viagens foram comparadas com as contagens volumétricas obtidas nas pesquisas. Os fatores utilizados pelo PLAMUS são resumidos em seguida:

- FE_Dom - Fator de expansão dos domicílios: é fator de expansão relativo ao domicílio do entrevistado na zona do mesmo por faixa de renda. É a razão entre o número de domicílios dentro da unidade de expansão pelo total de domicílios dentro da classe de renda.
- FE_Mor - Fator de expansão dos entrevistados: é do ajuste da população dentro da região. Este fator correlaciona o total de pessoas na unidade de expansão com o ajuste de

domicílios. Considera os aspectos relacionados, total de pessoas na família, sexo, idade, grau de instrução, perfil profissional e renda familiar;

- FE5_Viagens - Fator de expansão de viagens: é fator de calibração do modelo, que relaciona as viagens da pesquisa com as contagens de tráfego para cada um dos modos.
- FE_Viagens - Fator de expansão final: este irá fazer a correlação final da pesquisa com a contagem de tráfego e perfil dos entrevistados. É o produto dos dois fatores de expansão anteriores.

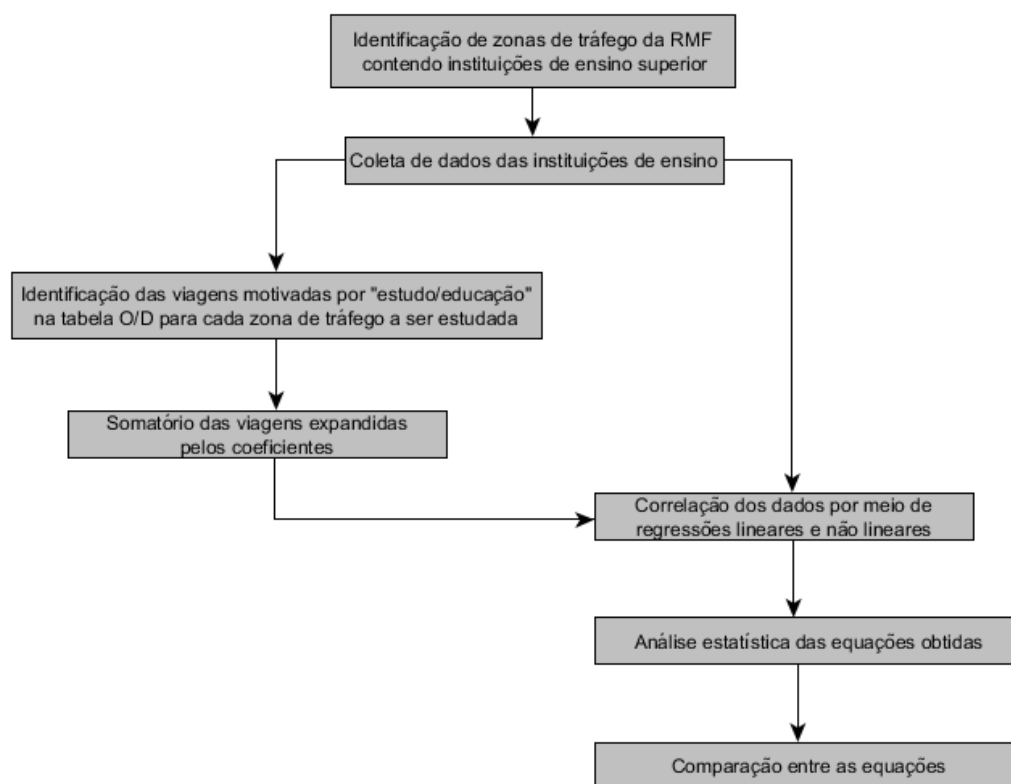
Após a aplicação dos fatores de expansão, pode-se considerar o resultado das viagens como uma aproximação da realidade para um dia típico dentro da RMF.

4 Método do trabalho

O desenvolvimento do método utilizado neste trabalho foi baseado nos modelos de geração de tráfego apresentados na bibliografia, dando ênfase aos relacionados às instituições de ensino superior.

A Figura 8 simboliza o método aplicado neste trabalho.

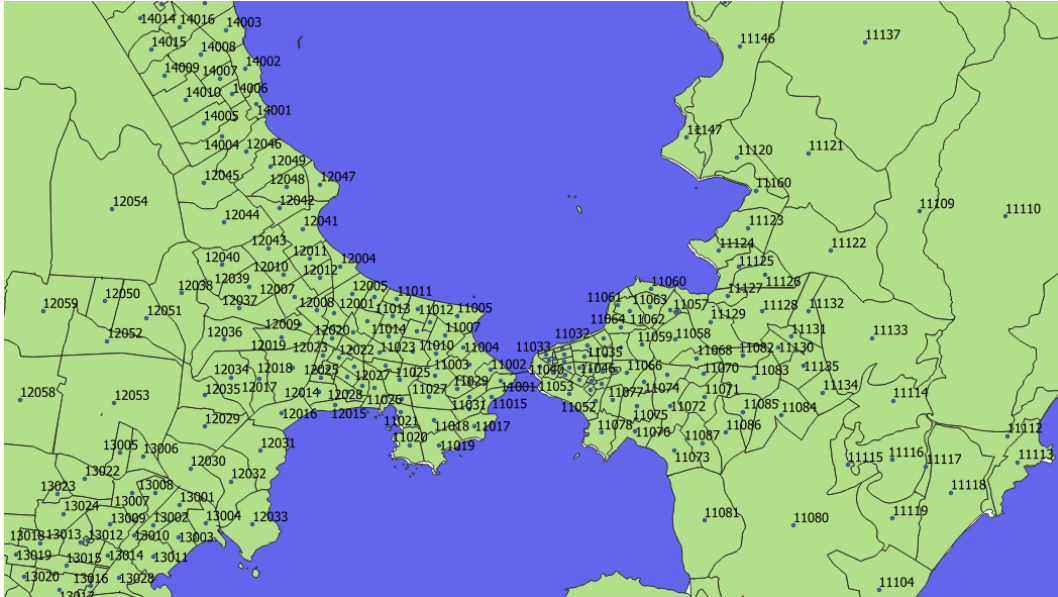
Figura 8: Método do trabalho



4.1 Seleção das zonas de tráfego

Foram coletados junto à Superintendência de Desenvolvimento da Região Metropolitana da Grande Florianópolis (SUDERF) os dados de viagens relativos ao PLAMUS. A divisão da RMF em zonas de tráfego também foi proporcionado pela SUDERF, em formato vetorial (*shapefile*). Este arquivo foi unido à arquivos de mapas digitais disponibilizados pelo Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina - Epagri/Ciram. A Figura 9 apresenta uma parte da divisão das zonas de tráfego da RMF. Os centroides são os pontos de origem ou de destino de viagens e devem ser vistos como o centro de gravidade das zonas.

Figura 9: Zonas de tráfego da RMF



Elaborada através do *software* QGIS

Como os resultados da pesquisa são apresentados para zonas de tráfego, foi necessário identificar as que continham uma, e apenas uma, instituição de ensino superior e que não continham instituições de ensino de outros níveis de educação, como colégios. Tornou-se possível, então, contabilizar a geração de viagens para as Instituições de Ensino Superior e também analisar de forma isolada o meio de transporte utilizado no percurso.

4.2 Coleta de dados característicos das IES

O levantamento do número de alunos matriculados nas instituições contou com pesquisas na internet, envios de *emails* e contato telefônico para representantes das mesmas. A quantidade de alunos matriculados em cada instituição analisada estão na Tabela 8.

Tabela 8: Características das IES

IES	Número de alunos
IES-01	3450
IES-02	23750
IES-03	5356
IES-04	8000
IES-05	2100
IES-06	1822
IES-07	855
IES-08	2737
IES-09	1270

Também havia o interesse de avaliar o comportamento referente a geração de viagens de acordo com a área do terreno e área construída, porém os representantes das instituições não continham esses dados para serem fornecidos a tempo de realizar o trabalho.

4.3 Seleção das viagens de interesse

Da matriz O/D resultante da pesquisa domiciliar do PLAMUS foi possível filtrar uma matriz de O/D focalizando em viagens relacionadas à "ensino/educação" originadas e destinadas para cada zonas de tráfego que possuem as instituições do estudo.

A Figura 10 apresenta parte da tabela. Em destaque temos um exemplo de viagens realizadas para uma das zonas de tráfego de interesse (11071) com um filtro para motivo da viagem como "escola/educação". Também podemos perceber membros de duas famílias (id 179 e 480) que se deslocam para a zona de destino selecionada de locais e por meio de transportes diferentes.

Figura 10: Seleção de viagens

in_Domicílio	in_Família	in_Morador	N_Morador	Viagem	Etapas	Motivo_O	Motivo_D	Motivo	Coef_MeioTransporte	MeioTransporte	Modo_def	Modos Motorizados	FE_Mor	FE_Viagens	FE_Viagens	Zona_O	Zona_D
341213	5634	12700	2	2	1	Trabalho	Escola/Educação	NHB	2	dirigindo automóvel	Privado	Individual	33,71	1,20	40,35	13028	11071
340908	5502	12383	1	1	1	Residência	Escola/Educação	HBS	1	ônibus	Público	Coletivo	255,09	1,06	270,48	14012	11071
341881	5909	13232	2	2	1	Trabalho	Escola/Educação	NHB	1	ônibus	Público	Coletivo	70,46	1,06	74,72	11128	11071
345698	6313	14127	1	1	1	Residência	Escola/Educação	HBS	2	dirigindo automóvel	Privado	Individual	12,47	1,20	14,92	14019	11071
345787	6340	14184	2	1	1	Residência	Escola/Educação	HBS	1	ônibus	Público	Coletivo	70,46	1,06	74,72	14023	11071
527	141	391	2	1	1	Residência	Escola/Educação	HBS	1	ônibus	Público	Coletivo	47,37	1,06	50,23	11018	11071
203	226	685	4	1	1	Residência	Escola/Educação	HBS	1	ônibus	Público	Coletivo	440,30	1,06	466,86	11148	11071
363	85	225	1	1	1	Residência	Escola/Educação	HBS	1	ônibus	Público	Coletivo	39,54	1,06	41,93	11058	11071
100	57	1440	2	2	1	Trabalho	Escola/Educação	NHB	1	ônibus	Público	Coletivo	106,30	1,06	112,71	11089	11071
179	67	1553	1	2	1	Trabalho	Escola/Educação	NHB	6	a pé	A Pé	x	66,55	1,10	73,24	11071	11071
179	67	1554	2	3	1	Residência	Escola/Educação	HBS	1	ônibus	Público	Coletivo	66,55	1,06	70,56	11130	11071
415	319	614	1	1	1	Residência	Escola/Educação	HBS	2	dirigindo automóvel	Privado	Individual	75,34	1,20	90,18	11063	11071
780	439	578	1	1	1	Residência	Escola/Educação	HBS	2	dirigindo automóvel	Privado	Individual	100,16	1,20	119,90	11148	11071
106	279	35	2	1	1	Residência	Escola/Educação	HBS	1	ônibus	Público	Coletivo	63,40	1,06	67,23	11012	11071
480	548	1412	1	2	1	Trabalho	Escola/Educação	NHB	2	dirigindo automóvel	Privado	Individual	28,92	1,20	34,62	11068	11071
480	548	1413	2	1	1	Residência	Escola/Educação	HBS	5	bicicleta	Outros	Outros	28,92	1,00	28,92	11135	11071
2504	760	1799	4	1	1	Residência	Escola/Educação	HBS	1	ônibus	Público	Coletivo	71,13	1,06	75,42	11122	11071

Das 20839 viagens da matriz origem-destino da pesquisa, 2071 tinha como motivo do destino "escola/educação". Outras 2069 se iniciavam por este motivo.

Após a seleção das zonas de tráfego de interesse para viagens relacionadas à "escola/educação", chegou-se ao total de 929 viagens utilizadas neste trabalho, as quais foram aplicadas fatores de expansão fornecidos pelo próprio PLAMUS para efetuar as correlações da análise de geração de viagens.

4.4 Cálculos para geração de viagens

Enquanto que o total de viagens para uma determinada zona de tráfego resultantes da pesquisa de origem-destino será a simples soma da quantidades de linhas na matriz após a aplicação dos filtros de zona de tráfego e motivo de viagem, o total de viagens calculados com os coeficientes de expansão é o somatório dos valores da coluna FE_Viagens. São apresentados dois tipos de correlações, para melhor comparar os resultados deste trabalho com os da bibliografia. A Tabela 9 apresenta os resultados das expansões para viagens atraídas e produzidas para as instituições de ensino por todos os modos.

Tabela 9: Geração de viagens para todos os modos

IES	Total de viagens atraídas após expansão	Total de viagens produzidas após expansão
IES-01	425,27	462,39
IES-02	20762,97	20096,67
IES-03	5088,39	4935,09
IES-04	4317,25	4382,52
IES-05	2367,53	2362,91
IES-06	1184,14	627,36
IES-07	199,11	199,11
IES-08	2815,19	2813,35
IES-09	232,51	232,51

A Tabela 10 apresenta as viagens geradas apenas por automóveis. Das nove instituições estudadas, duas delas (IES-07 e IES09), não obtiveram respostas para viagens por automóveis na pesquisa O/D realizada pelo PLAMUS.

Tabela 10: Geração de viagens para automóveis

IES	Viagens de automóveis atraídas após expansão	Viagens de automóveis produzidas após expansão
IES-01	178,33	188,11
IES-02	6985,35	6590,89
IES-03	2238,81	1937,99
IES-04	651,42	1032,68
IES-05	922,77	882,27
IES-06	413,1	394,88
IES-07	0	0
IES-08	1478,28	1386,61
IES-09	0	0

4.5 Correlações de dados coletados

Para os dados coletados das viagens e do número de alunos das instituições de ensino, foram testadas, através da versão gratuita do *software Curve Expert Basic*, regressões univariadas para as funções indicadas pelo Manual de Estudo de Tráfego DNIT (2006). Além das correlações apresentadas em DNIT (2006) como as que apresentam melhores resultados para estudos de

geração de viagens, foi incluída a função linear com intercepto nulo. Esta força o valor do coeficiente $a_0 = 0$. Ou seja, parte-se da hipótese que para uma instituição com zero alunos matriculados teríamos zero viagens geradas.

5 Resultados

Dentre as funções testadas, a função logística não apresentou uma compilação possível pela versão gratuita do *software Curve Expert Basic*. Este apresentava um erro de compilação para a função.

São apresentadas quatro "blocos" de resultados:

- Modelos para atração de viagens totais
- Modelos para atração de viagens por automóveis
- Modelos para produção de viagens totais
- Modelos para produção de viagens por automóveis

A utilização do *software Curve Expert Basic* possibilita plotar no entorno da curva da equação duas áreas, sendo elas:

Faixa de Confiança esta foi ajustada ao programa para representar a área que tem uma probabilidade de 95% de conter a verdadeira curva que se ajusta aos dados inseridos no programa.

Faixa de Predição esta foi ajustada ao programa para representar a área que tem uma probabilidade de 95% de conter quaisquer pontos de dados futuros semelhantes aos dados da amostra. Isso significa que ao estimar a geração de viagens para uma hipotética futura instituição, utilizando a equação em questão, teremos 95% de probabilidade de o ponto X,Y se enquadrar na Faixa de Predição.

A análise destas duas áreas também fornece um índice visual de validade da curva representada, pois quanto menor a faixa de confiança e a faixa de predição, melhor é a representação dos dados pela equação gerada.

5.1 Modelos para atração de viagens totais

Nesta seção são apresentadas os resultados das correlações utilizando como variável independente o número de alunos matriculados e como variável dependente o valor expandido de todas as viagens (considerando todos os modos) atraídas para as instituições.

Para todos os modelos a seguir:

Y = número de viagens totais atraídas;

X = número de estudantes matriculados na instituição de ensino superior.

5.1.1 Correlação linear

A Equação 23 representa a correlação obtida com os dados para uma função linear.

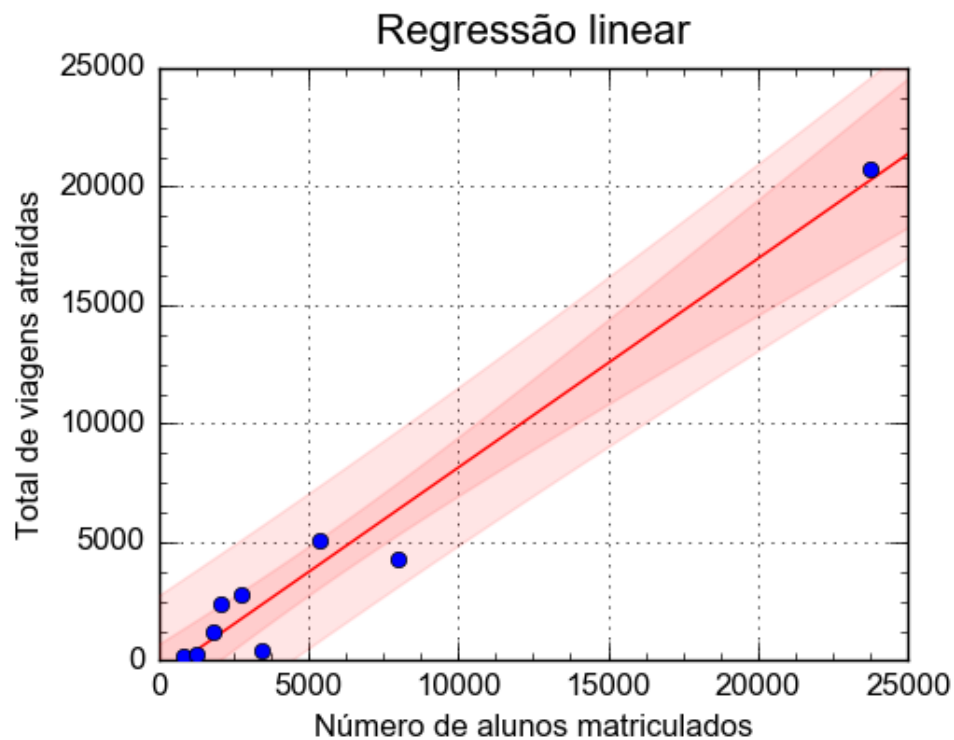
$$Y = -6,808 \cdot 10^2 + 8,820 \cdot 10^{-1} \cdot X \quad (23)$$

$$R^2 = 0,964$$

$$t = 14,65$$

A plotagem da regressão está na Figura 11.

Figura 11: Correlação linear para o total de viagens atraídas



5.1.2 Correlação linear com intercepto nulo

A Equação 24 representa a correlação obtida com os dados para uma função linear com intercepto nulo.

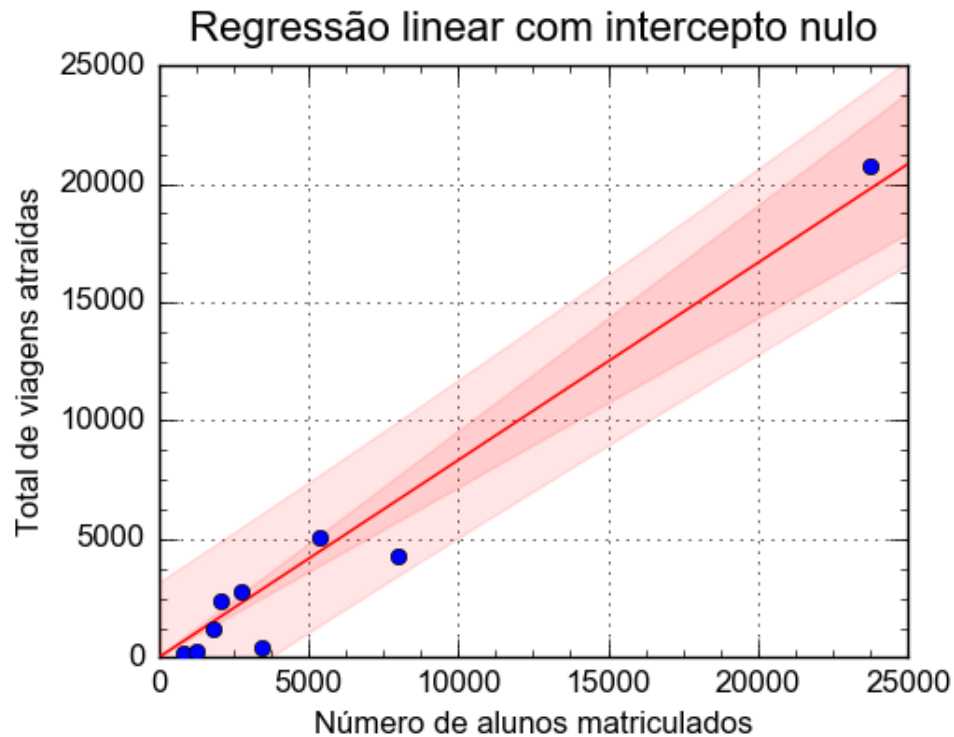
$$Y = 8,33 \cdot 10^{-1} \cdot X \quad (24)$$

$$R^2 = 0,957$$

$$t = 13,27$$

A plotagem da regressão está na Figura 12.

Figura 12: Correlação linear com intercepto nulo para o total de viagens atraídas



5.1.3 Correlação polinomial do segundo grau

A Equação 25 representa a correlação obtida com os dados para uma função polinomial do segundo grau.

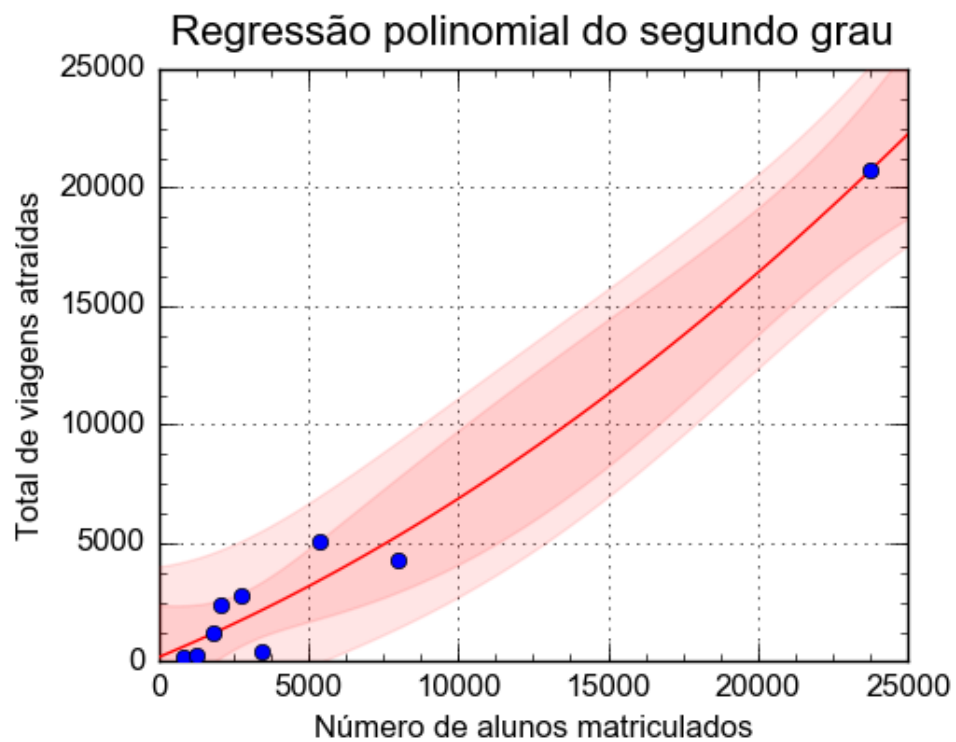
$$Y = 1,83 \cdot 10^2 + 5,26 \cdot 10^{-1} X + 1,42 \cdot 10^{-5} \cdot X^2 \quad (25)$$

$$R^2 = 0,971$$

$$t = 16,43$$

A plotagem da regressão está na Figura 13.

Figura 13: Correlação polinomial do segundo grau para o total de viagens atraídas



5.1.4 Correlação potencial

A Equação 26 representa a correlação obtida com os dados para uma função potencial.

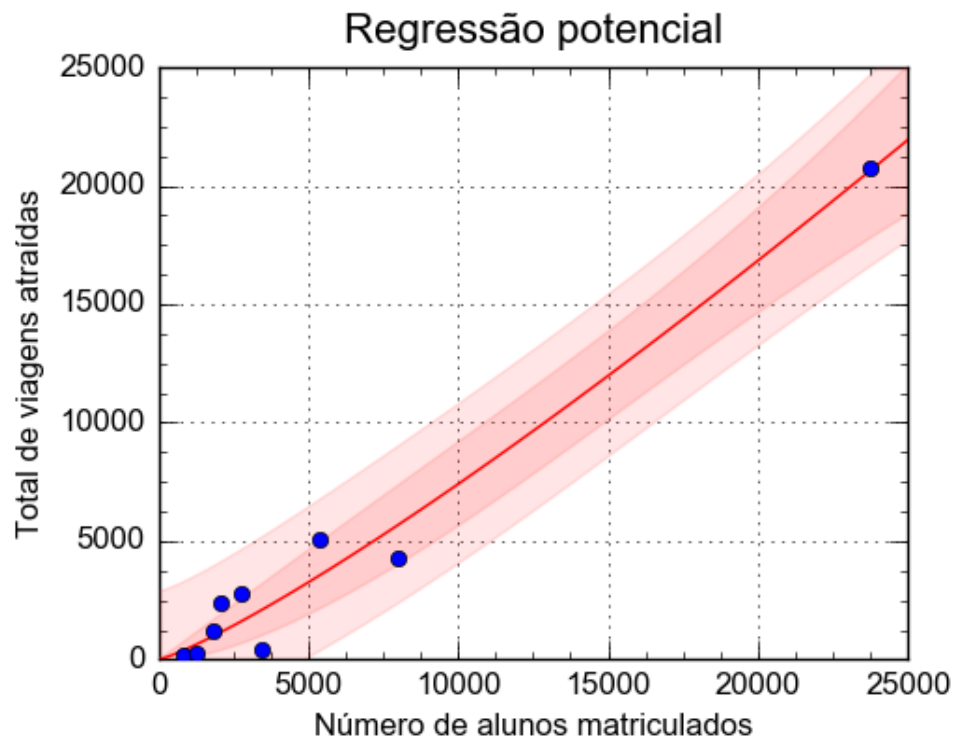
$$Y = 1,35 \cdot 10^{-2} \cdot X^{1,18} \quad (26)$$

$$R^2 = 0,969$$

$$t = 15,90$$

A plotagem da regressão está na Figura 14.

Figura 14: Correlação potencial para o total de viagens atraídas



5.1.5 Correlação exponencial

A Equação 27 representa a correlação obtida com os dados para uma função exponencial.

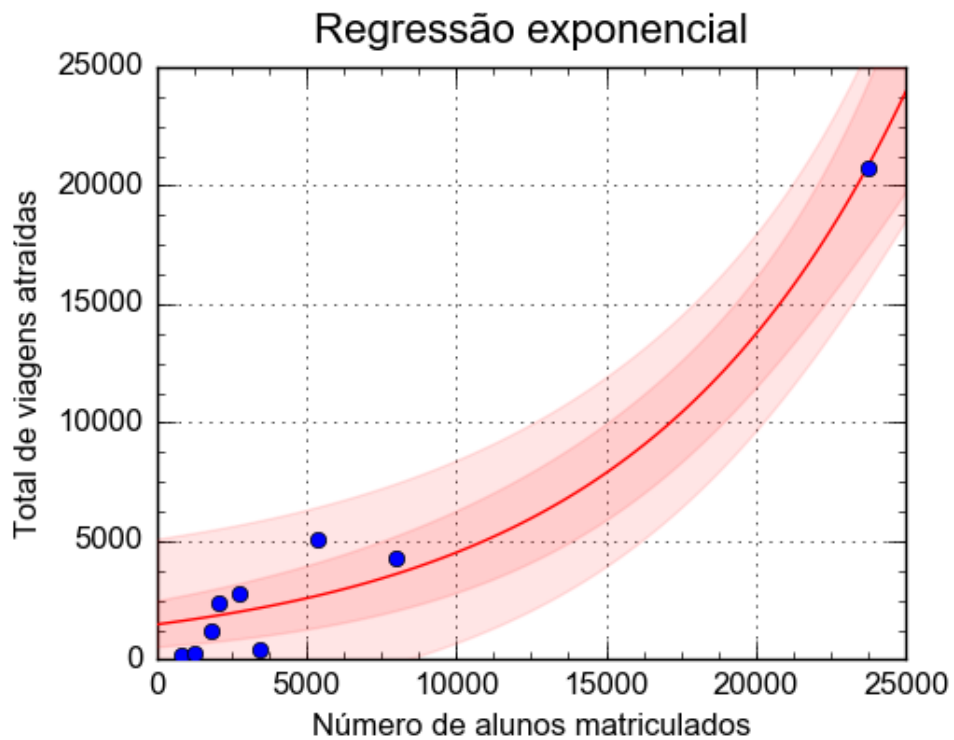
$$Y = 1,48 \cdot 10^3 \cdot e^{1,11 \cdot 10^{-4} \cdot X} \quad (27)$$

$$R^2 = 0,956$$

$$t = 13,14$$

A plotagem da regressão está na Figura 15.

Figura 15: Correlação exponencial para o total de viagens atraídas



5.1.6 Correlação logarítmica

A Equação 28 representa a correlação obtida com os dados para uma função logarítmica.

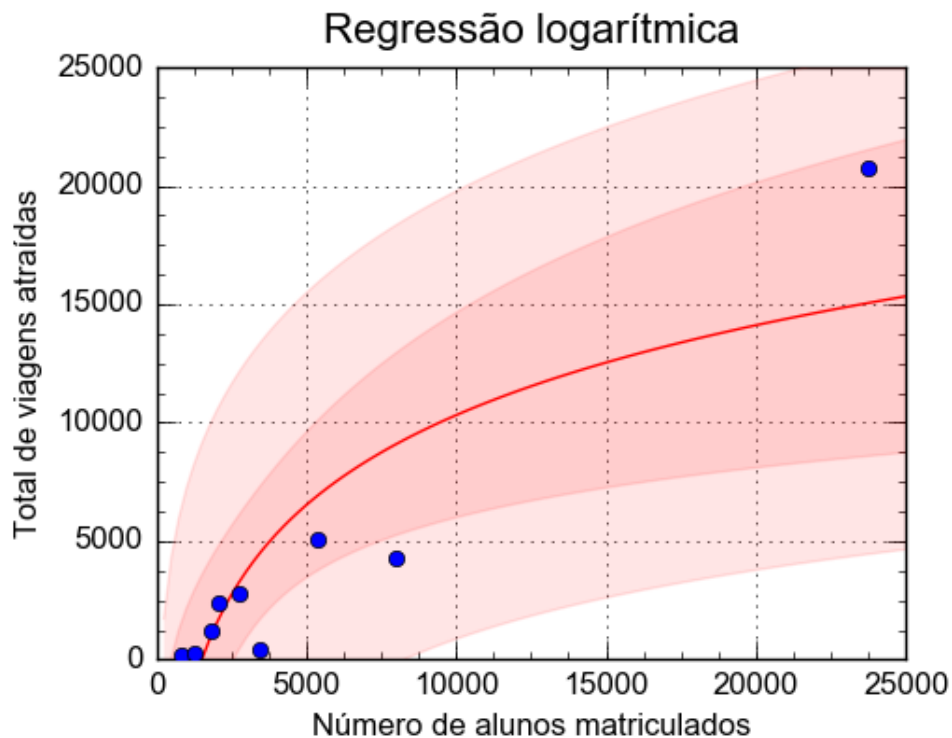
$$Y = -4,01 \cdot 10^4 + 5,41 \cdot 10^3 \cdot \ln X \quad (28)$$

$$R^2 = 0,858$$

$$t = 4,72$$

A plotagem da regressão está na Figura 16.

Figura 16: Correlação logarítmica para o total de viagens atraídas



5.2 Modelos para atração de viagens por automóveis

Nesta seção são apresentadas os resultados obtidos para as correlações utilizando como variável independente o número de alunos matriculados e como variável dependente o valor expandido apenas das viagens de automóveis atraídas para as instituições.

5.2.1 Correlação linear

A Equação 29 representa a correlação obtida com os dados para uma função linear.

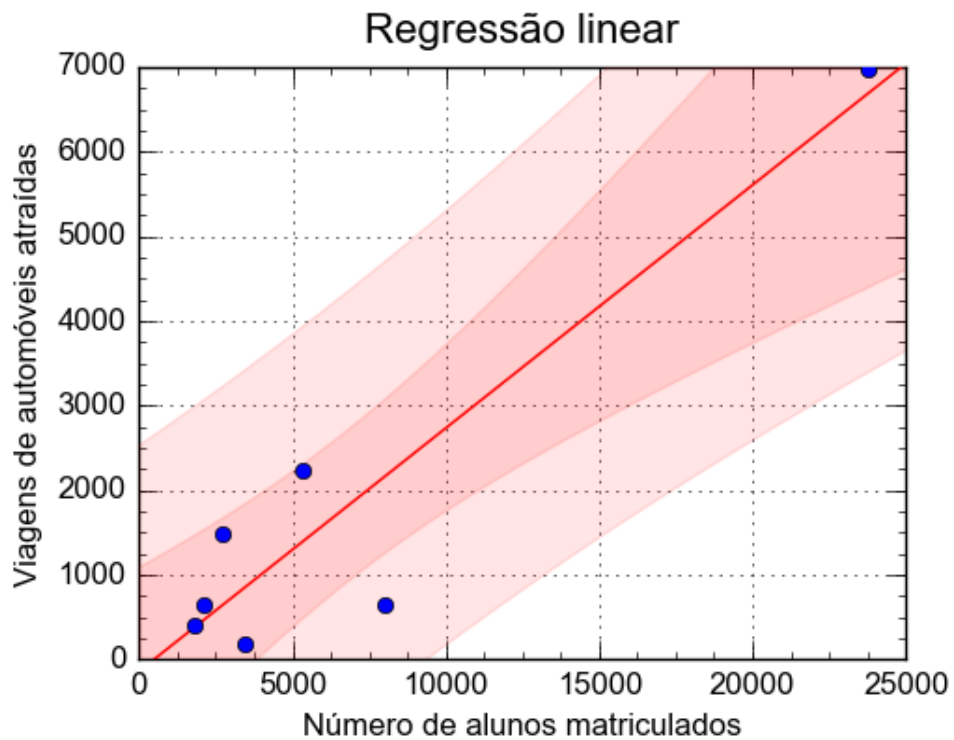
$$Y = -1,37 \cdot 10^2 + 2,87 \cdot 10^{-1} \cdot X \quad (29)$$

$$R^2 = 0,876$$

$$t = 7,045$$

A plotagem da regressão está na Figura 17.

Figura 17: Correlação linear para viagens atraídas por automóveis



5.2.2 Correlação linear com intercepto nulo

A Equação 30 representa a correlação obtida com os dados para uma função linear com intercepto nulo.

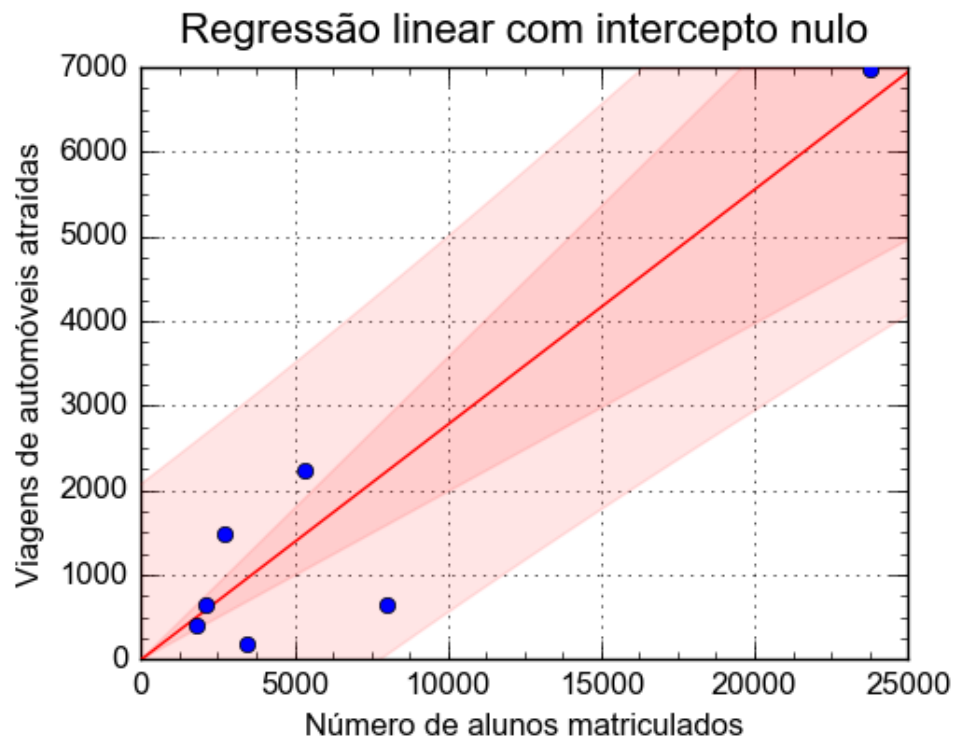
$$Y = 2,78 \cdot 10^{-1} \cdot X \quad (30)$$

$$R^2 = 0,874$$

$$t = 6,98$$

A plotagem da regressão está na Figura 18.

Figura 18: Correlação linear com intercepto nulo para viagens atraídas por automóveis



5.2.3 Correlação polinomial do segundo grau

A Equação 31 representa a correlação obtida com os dados para uma função polinomial do segundo grau.

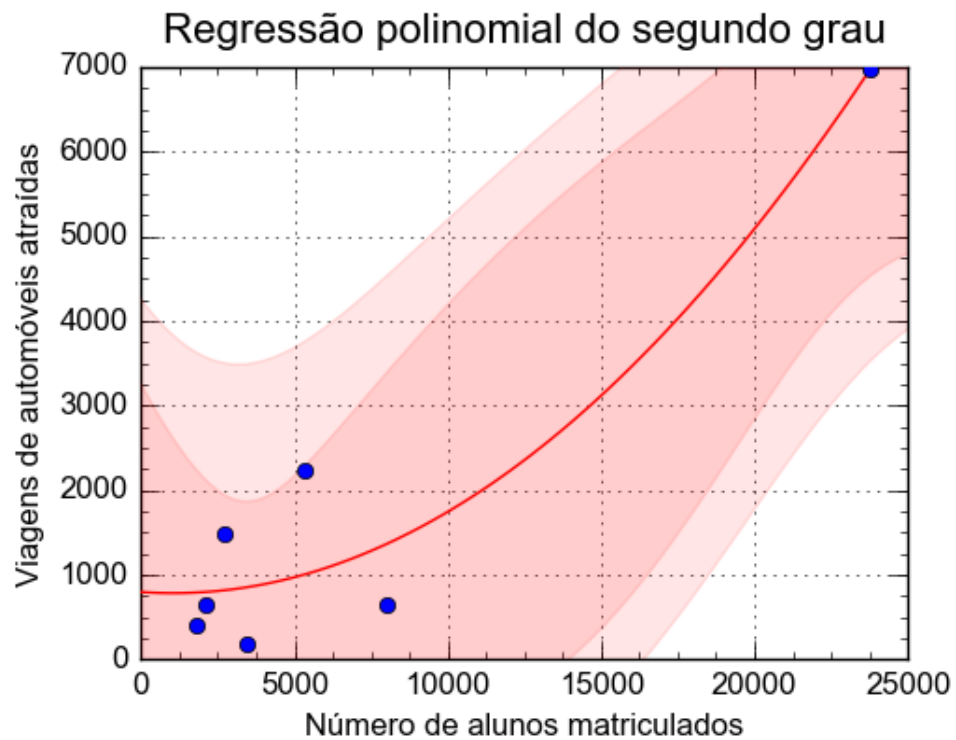
$$Y = 7,98 \cdot 10^2 - 2,49 \cdot 10^{-2}X + 1,20 \cdot 10^{-5} \cdot X^2 \quad (31)$$

$$R^2 = 0,910$$

$$t = 8,43$$

A plotagem da regressão está na Figura 19.

Figura 19: Correlação polinomial do segundo grau para viagens atraídas por automóveis



5.2.4 Correlação potencial

A Equação 32 representa a correlação obtida com os dados para uma função potencial.

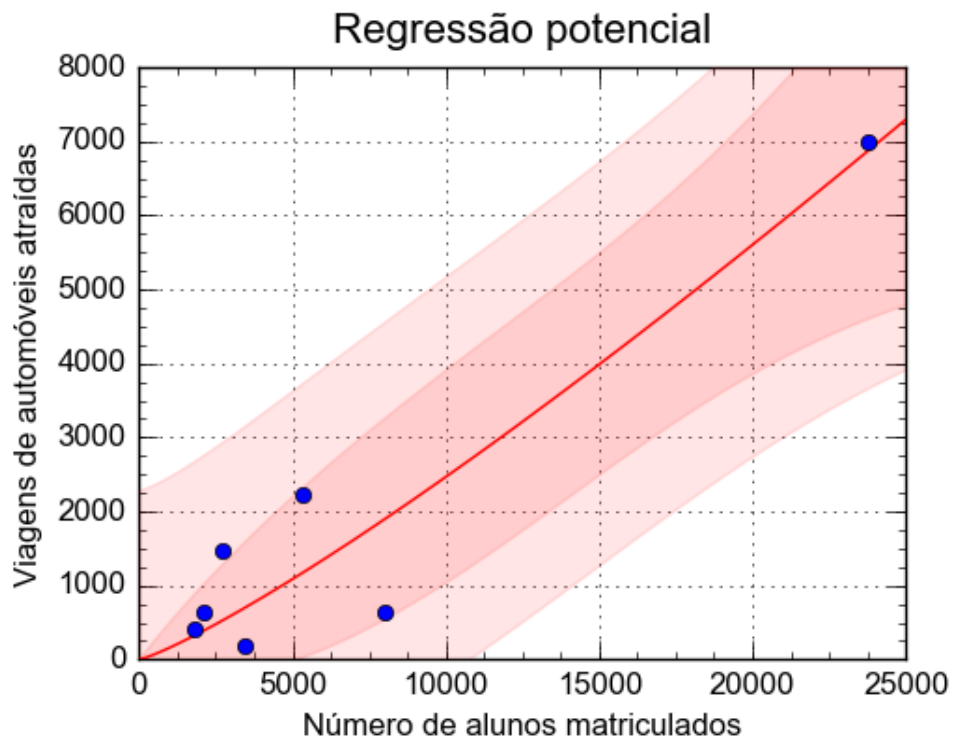
$$Y = 4,57 \cdot 10^{-2} \cdot X^{1,18} \quad (32)$$

$$R^2 = 0,941$$

$$t = 7,37$$

A plotagem da regressão está na Figura 20.

Figura 20: Correlação potencial para viagens atraídas por automóveis



5.2.5 Correlação exponencial

A Equação 33 representa a correlação obtida com os dados para uma função exponencial.

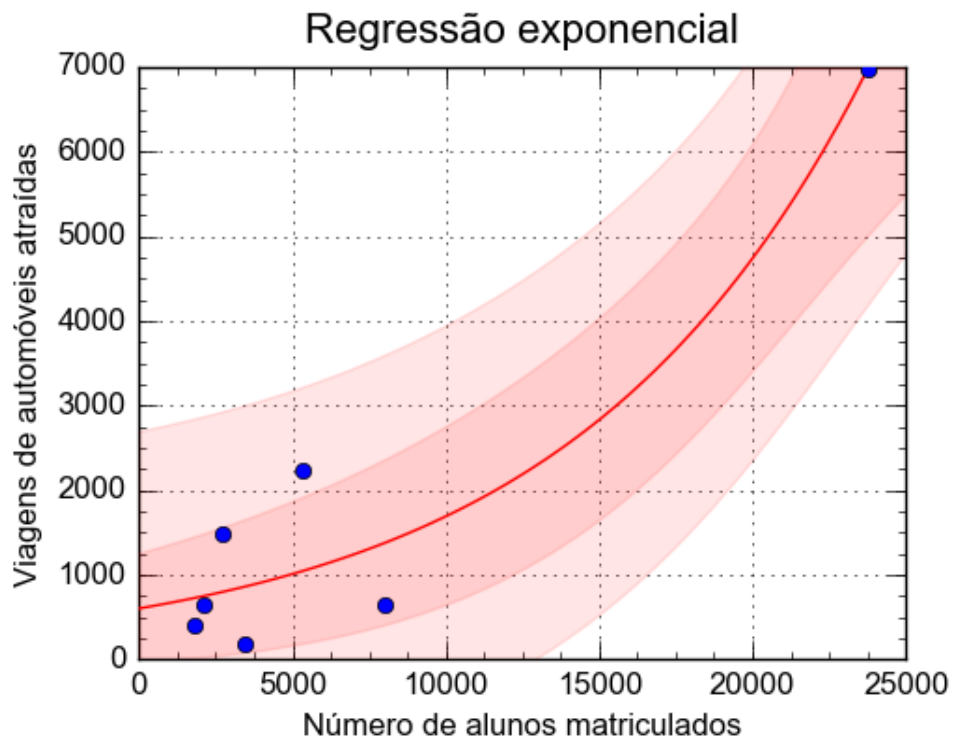
$$Y = 6,04 \cdot 10^2 \cdot e^{1,03 \cdot 10^{-4} \cdot X} \quad (33)$$

$$R^2 = 0,913$$

$$t = 8,59$$

A plotagem da regressão está na Figura 21.

Figura 21: Correlação exponencial para viagens atraídas por automóveis



5.2.6 Correlação logarítmica

A Equação 34 representa a correlação obtida com os dados para uma função logarítmica.

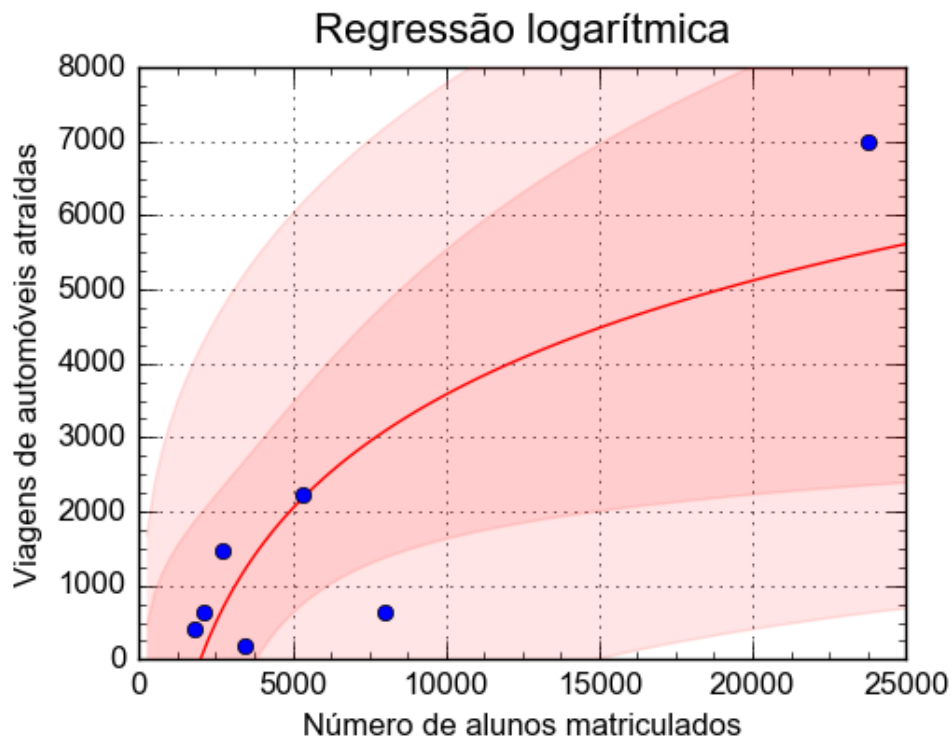
$$Y = -1,69 \cdot 10^4 + 2,22 \cdot 10^3 \cdot \ln X \quad (34)$$

$$R^2 = 0,695$$

$$t = 3,99$$

A plotagem da regressão está na Figura 22.

Figura 22: Correlação logarítmica para viagens atraídas por automóveis



5.3 Modelos para produção de viagens totais

Nesta seção são apresentadas os resultados obtidos para as correlações utilizando como variável independente o número de alunos matriculados e como variável dependente o valor expandido das viagens produzidas pelas instituições por todos os modos analisados na pesquisa.

5.3.1 Correlação linear para o total de viagens produzidas

A Equação 35 representa a correlação obtida com os dados para uma função linear.

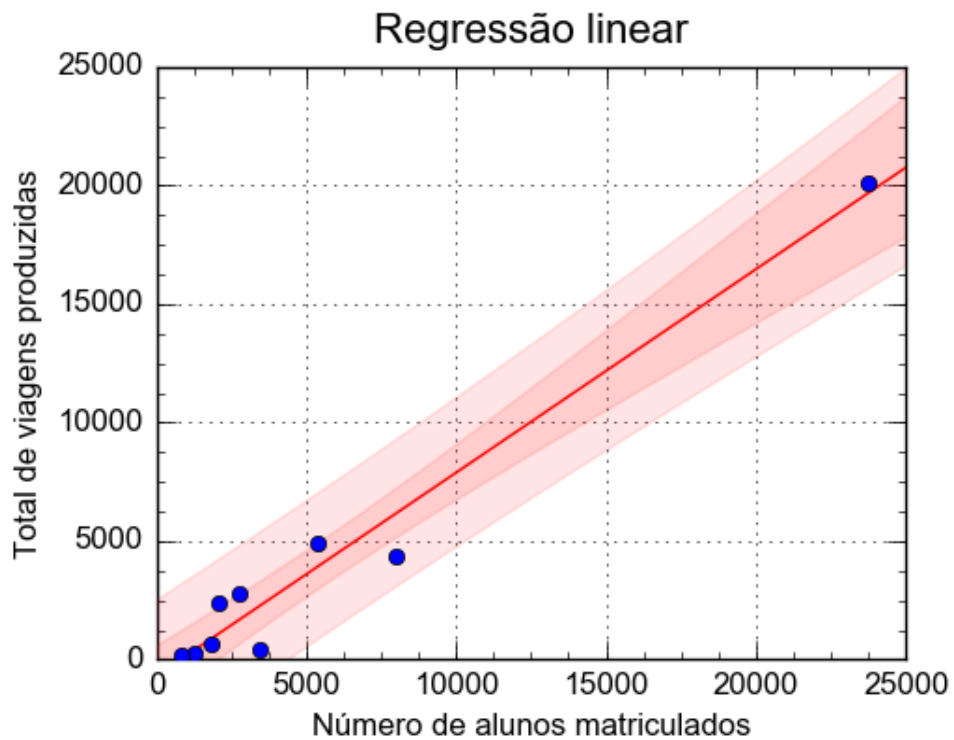
$$Y = -6,91 \cdot 10^2 + 8,58 \cdot 10^{-1} \cdot X \quad (35)$$

$$R^2 = 0,966$$

$$t = 14,14$$

A plotagem da regressão está na Figura 23.

Figura 23: Correlação linear para o total de viagens produzidas



5.3.2 Correlação linear com intercepto nulo

A Equação 36 representa a correlação obtida com os dados para uma função linear com intercepto nulo.

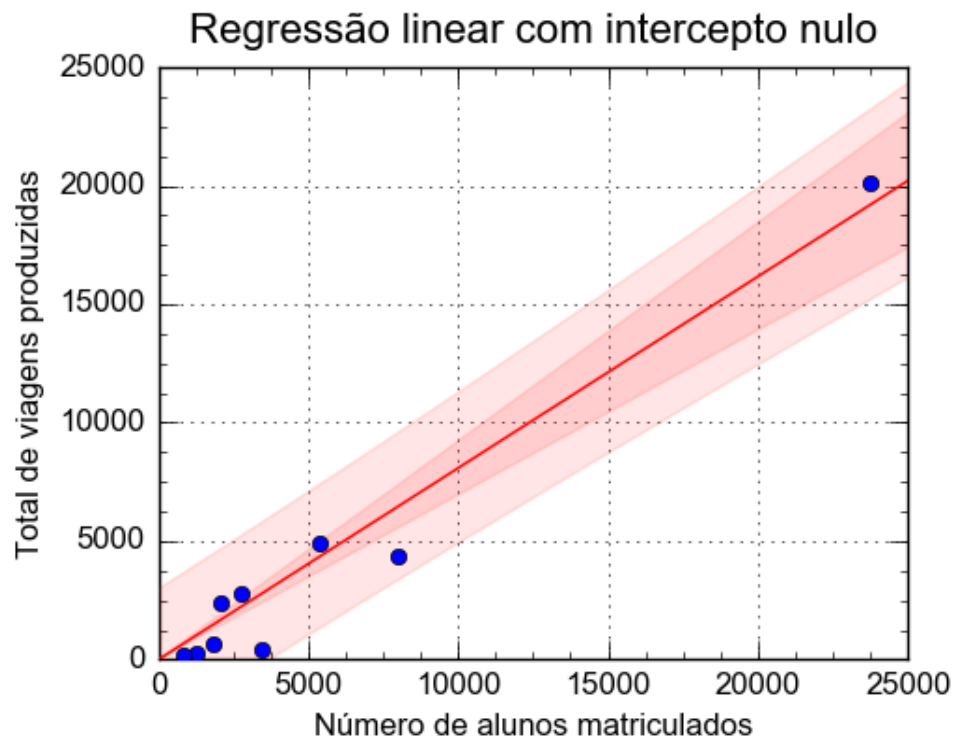
$$Y = 8,08 \cdot 10^{-1} \cdot X \quad (36)$$

$$R^2 = 0,958$$

$$t = 12,63$$

A plotagem da regressão está na Figura 24.

Figura 24: Correlação linear com intercepto nulo para o total de viagens produzidas



5.3.3 Correlação polinomial do segundo grau

A Equação 37 representa a correlação obtida com os dados para uma função polinomial do segundo grau.

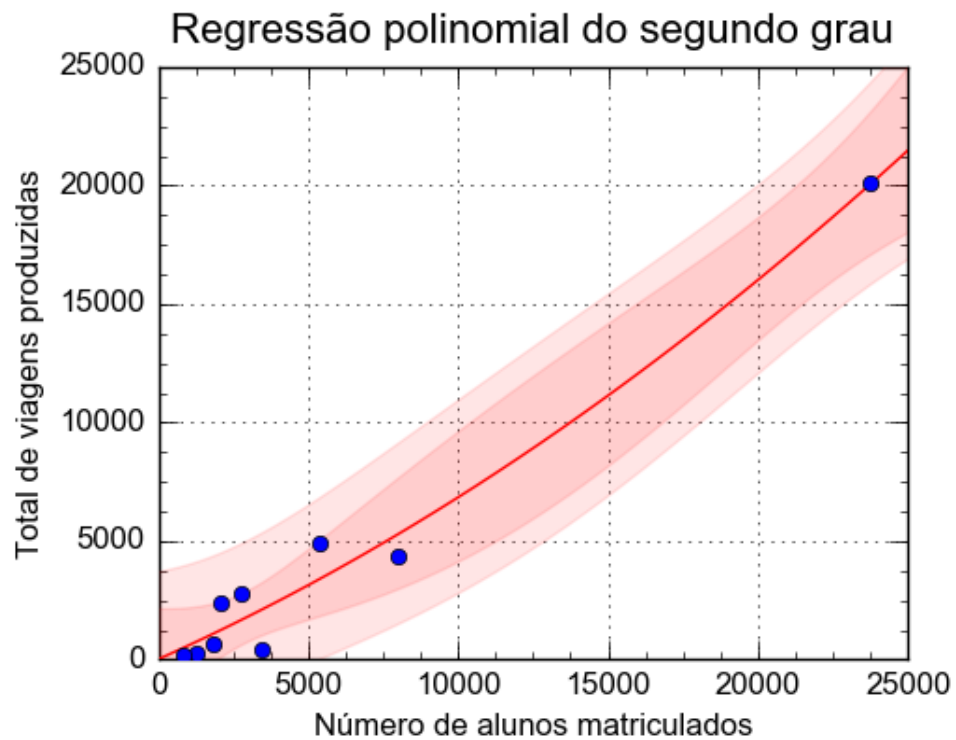
$$Y = 1,83 \cdot 10^1 + 5,66 \cdot 10^{-1}X + 1,17 \cdot 10^{-5} \cdot X^2 \quad (37)$$

$$R^2 = 0,971$$

$$t = 15,39$$

A plotagem da regressão está na Figura 25.

Figura 25: Correlação polinomial do segundo grau para o total de viagens produzidas



5.3.4 Correlação potencial

A Equação 38 representa a correlação obtida com os dados para uma função potencial.

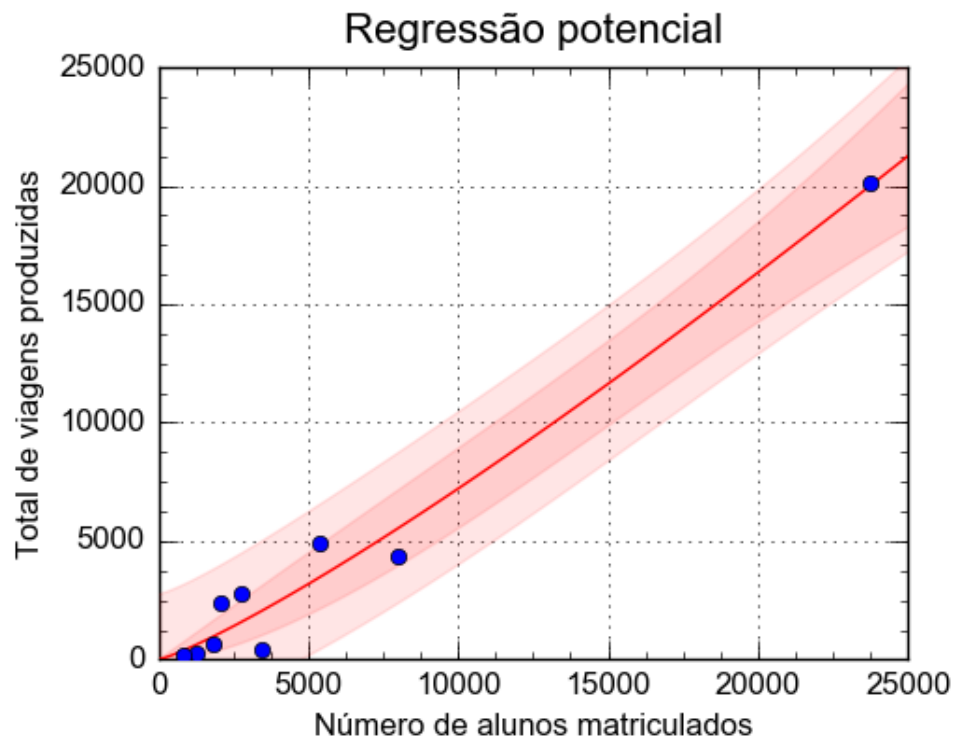
$$Y = 1,39 \cdot 10^{-1} \cdot X^{1,18} \quad (38)$$

$$R^2 = 0,970$$

$$t = 15,09$$

A plotagem da regressão está na Figura 26.

Figura 26: Correlação potencial para o total de viagens produzidas



5.3.5 Correlação exponencial

A Equação 39 representa a correlação obtida com os dados para uma função exponencial.

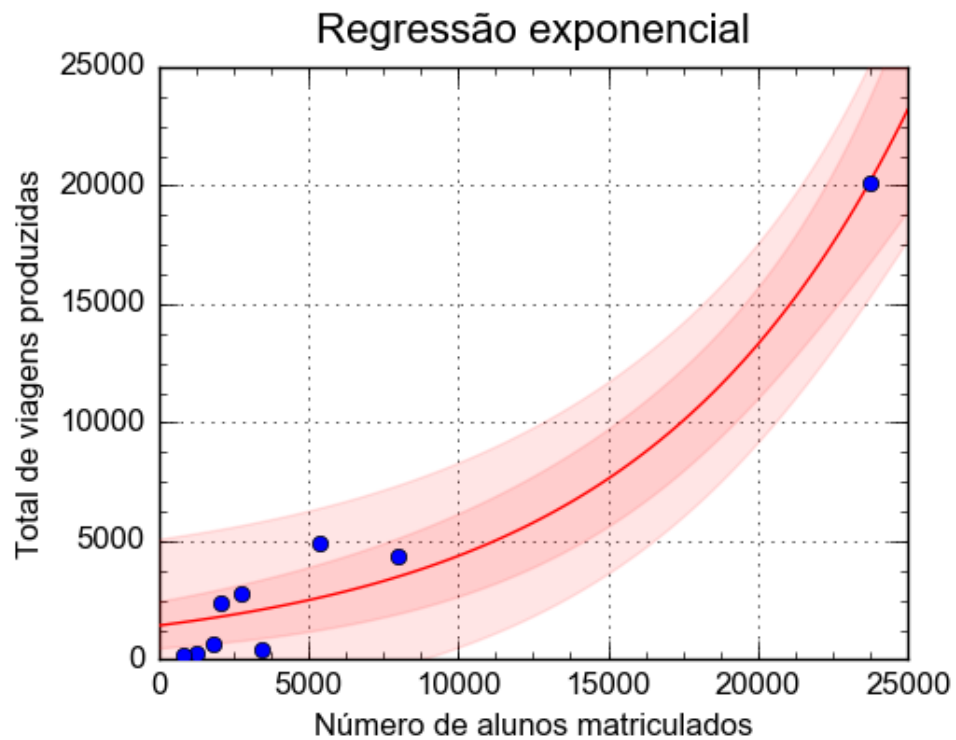
$$Y = 1,44 \cdot 10^3 \cdot e^{1,11 \cdot 10^{-4} \cdot X} \quad (39)$$

$$R^2 = 0,952$$

$$t = 11,79$$

A plotagem da regressão está na Figura 27.

Figura 27: Correlação exponencial para o total de viagens produzidas



5.3.6 Correlação logarítmica

A Equação 40 representa a correlação obtida com os dados para uma função logarítmica.

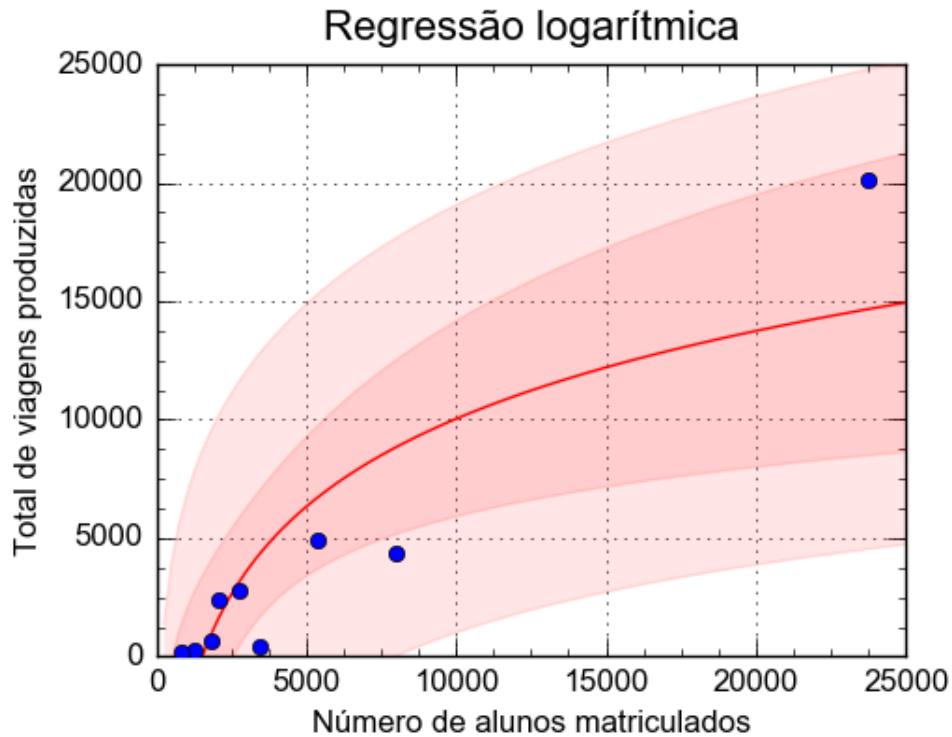
$$Y = -3,93 \cdot 10^4 + 5,35 \cdot 10^3 \cdot \ln X \quad (40)$$

$$R^2 = 0,745$$

$$t = 4,52$$

A plotagem da regressão está na Figura 28.

Figura 28: Correlação logarítmica para o total de viagens produzidas



5.4 Modelos para produção de viagens por automóveis

Nesta seção são apresentadas os resultados obtidos para as correlações utilizando como variável independente o número de alunos matriculados e como variável dependente o valor expandido apenas das viagens produzidas pelas instituições por automóveis.

5.4.1 Correlação linear

A Equação 41 representa a correlação obtida com os dados para uma função linear.

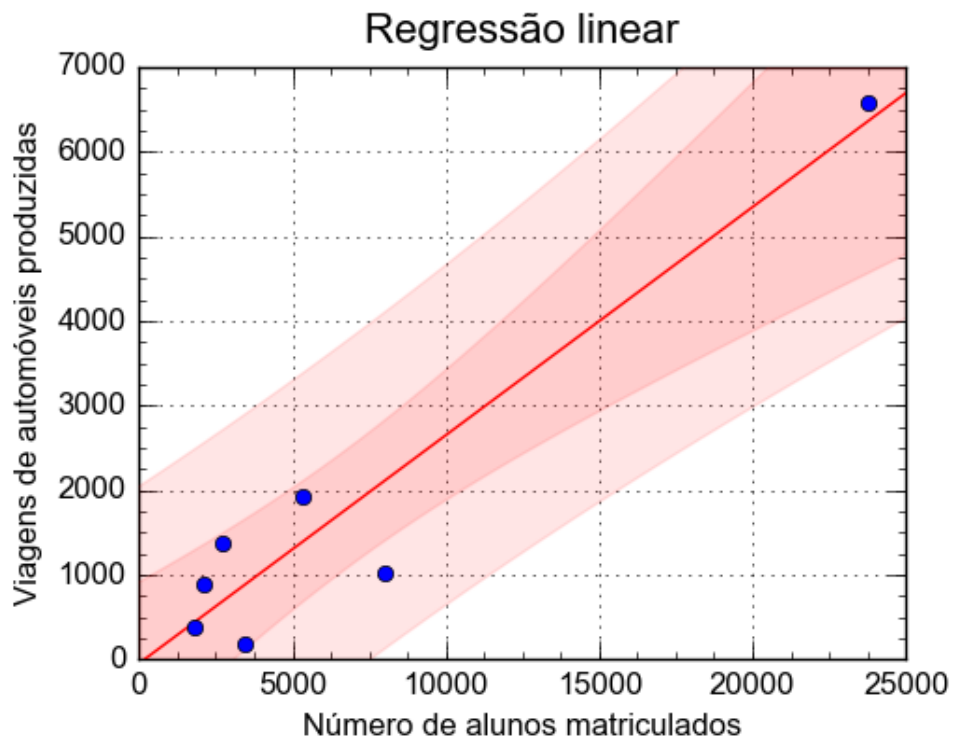
$$Y = -4,42 \cdot 10^1 + 2,69 \cdot 10^{-1} \cdot X \quad (41)$$

$$R^2 = 0,910$$

$$t = 8,43$$

A plotagem da regressão está na Figura 29.

Figura 29: Correlação linear para viagens produzidas por automóveis



5.4.2 Correlação linear com intercepto nulo

A Equação 42 representa a correlação obtida com os dados para uma função linear com intercepto nulo.

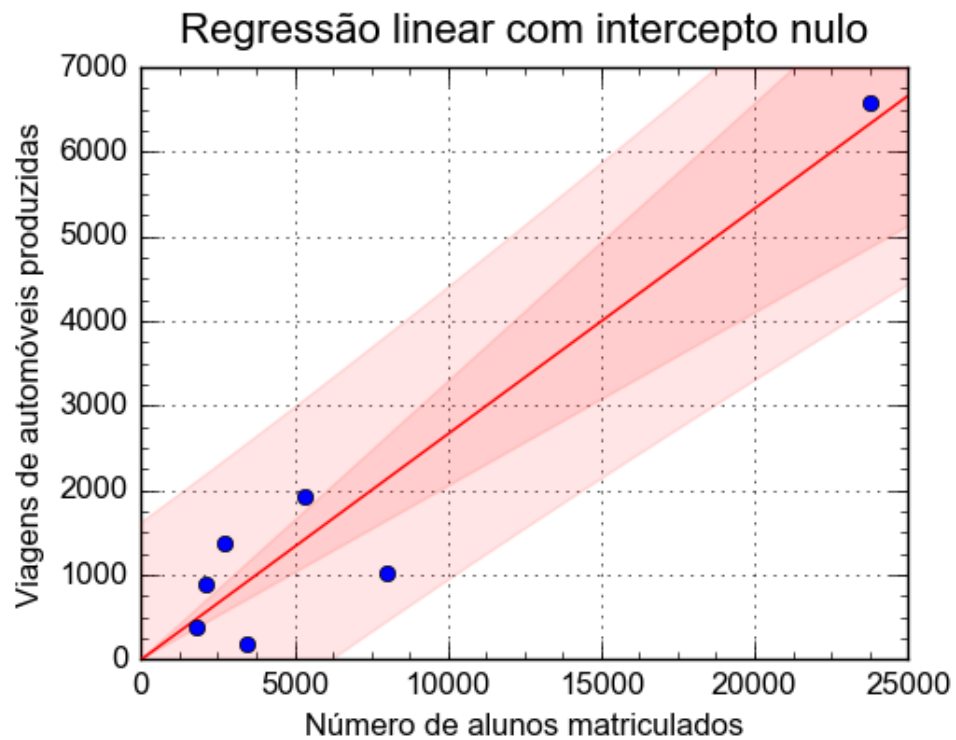
$$Y = 2,66 \cdot 10^{-1} \cdot X \quad (42)$$

$$R^2 = 0,910$$

$$t = 8,42$$

A plotagem da regressão está na Figura 30.

Figura 30: Correlação linear com intercepto nulo para viagens produzidas por automóveis



5.4.3 Correlação polinomial do segundo grau

A Equação 43 representa a correlação obtida com os dados para uma função polinomial do segundo grau.

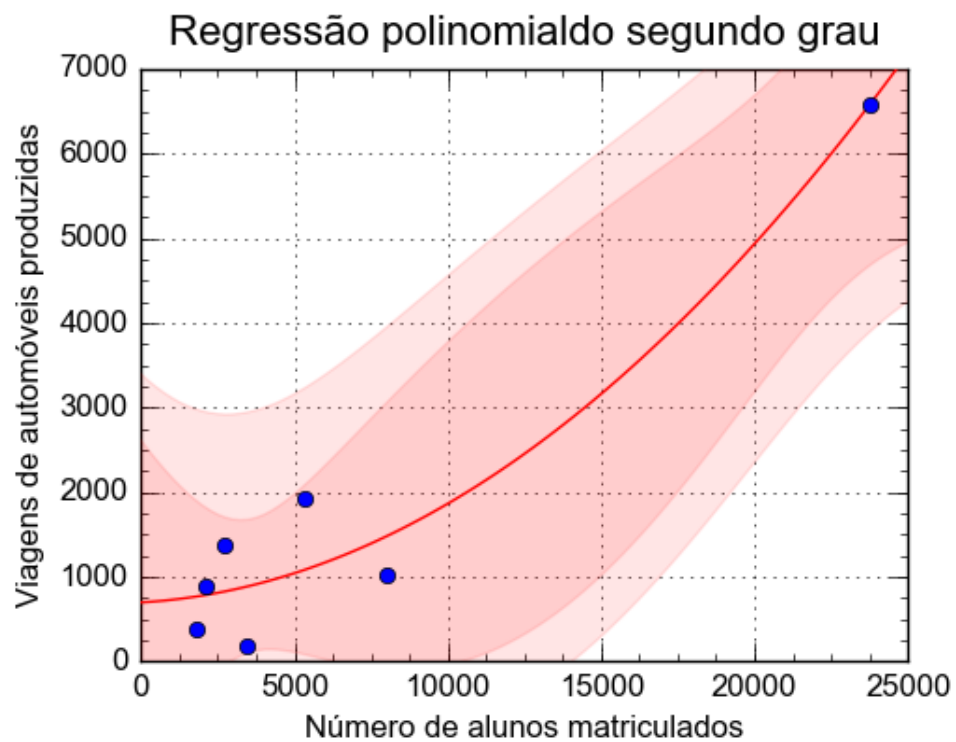
$$Y = 6,99 \cdot 10^2 + 2,15 \cdot 10^{-2}X + 9,51 \cdot 10^{-6} \cdot X^2 \quad (43)$$

$$R^2 = 0,936$$

$$t = 10,09$$

A plotagem da regressão está na Figura 31.

Figura 31: Correlação polinomial do segundo grau para viagens produzidas por automóveis



5.4.4 Correlação potencial

A Equação 44 representa a correlação obtida com os dados para uma função potencial.

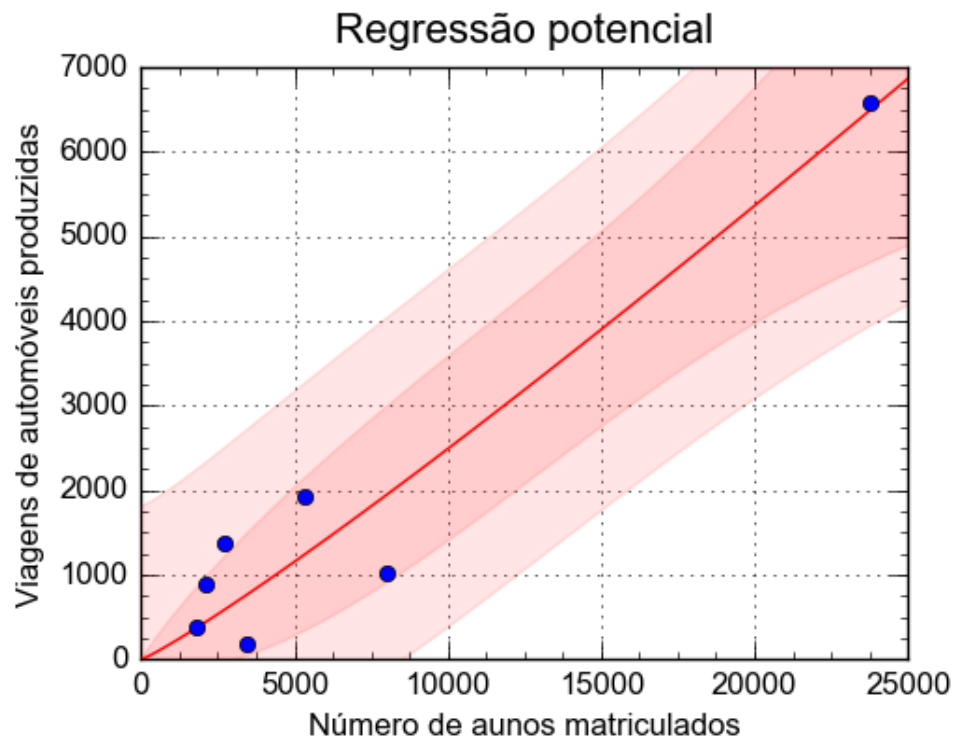
$$Y = 9,33 \cdot 10^{-2} \cdot X^{1,11} \quad (44)$$

$$R^2 = 0,915$$

$$t = 8,68$$

A plotagem da regressão está na Figura 32.

Figura 32: Correlação potencial para viagens produzidas por automóveis



5.4.5 Correlação exponencial

A Equação 45 representa a correlação obtida com os dados para uma função exponencial.

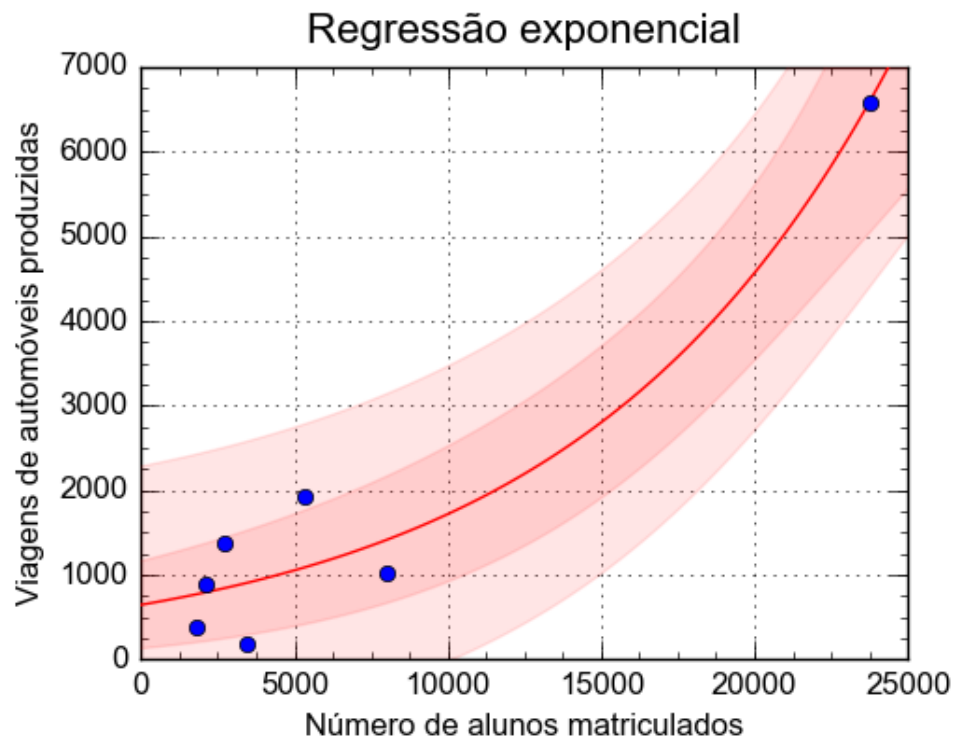
$$Y = 6,47 \cdot 10^2 \cdot e^{9,77 \cdot 10^{-5} \cdot X} \quad (45)$$

$$R^2 = 0,938$$

$$t = 10,24$$

A plotagem da regressão está na Figura 33.

Figura 33: Correlação exponencial para viagens produzidas por automóveis



5.4.6 Correlação logarítmica

A Equação 46 representa a correlação obtida com os dados para uma função logarítmica.

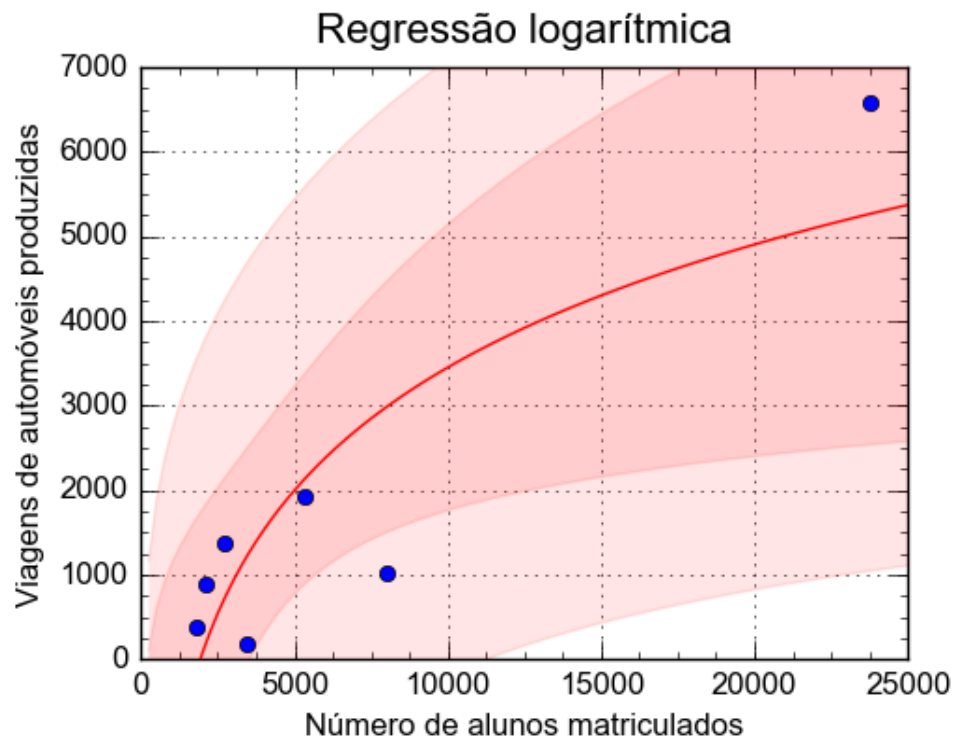
$$Y = -1,59 \cdot 10^4 + 2,10 \cdot 10^3 \cdot \ln X \quad (46)$$

$$R^2 = 0,731$$

$$t = 4,35$$

A plotagem da regressão está na Figura 34.

Figura 34: Correlação logarítmica para viagens produzidas por automóveis



5.5 Análise de validade estatística dos modelos encontrados

A Tabela 11 resume o resultado dos testes de validade estatística para os modelos de atração de viagem. O resultado dos testes de validade estatístico para produção de viagens das instituições analisadas estão resumidos na Tabela 12.

Estes foram avaliados segundo os termos presentes no Manual de Estudos de Tráfego do DNIT.

Tabela 11: Resumo de índices estatísticos para modelo de atração de viagens

Atração de viagens totais			
Função	r^2	teste t	Erro padrão
Linear	0,964	14,65	1212,13
Função linear com intercepto nulo	0,957	13,27	1349,96
Função polinomial do segundo grau	0,971	16,43	1268,27
Função potencial	0,969	15,90	1646,57
Função exponencial	0,956	3,14	1455,82
Função logarítmica	0,858	4,72	3554,48
Atração de viagens de automóveis			
Função	r^2	teste t	Erro padrão
Linear	0,876	7,045	921,84
Função linear com intercepto nulo	0,874	6,98	848,46
Função polinomial do segundo grau	0,910	8,43	877,69
Função potencial	0,886	7,37	886,20
Função exponencial	0,913	8,59	771,80
Função logarítmica	0,695	3,99	1447,13

Tabela 12: Resumo de índices estatísticos para modelo de produção de viagens

Produção de viagens totais			
Função	r^2	teste t	Erro padrão
Linear	0,966	14,14	1237,32
Função linear com intercepto nulo	0,958	12,63	1290,42
Função polinomial do segundo grau	0,971	15,39	1231,26
Função potencial	0,970	15,09	1161,81
Função exponencial	0,952	11,79	1472,57
Função logarítmica	0,745	4,52	3396,28
Produção de viagens de automóveis			
Função	r^2	teste t	Erro padrão
Linear	0,910	8,43	722,41
Função linear com intercepto nulo	0,910	8,42	660,39
Função polinomial do segundo grau	0,936	10,10	684,19
Função potencial	0,915	8,68	703,93
Função exponencial	0,938	10,24	603,44
Função logarítmica	0,855	4,36	1253,26

5.5.1 Significância do coeficiente de regressão

Baseado no teste "t", significância do coeficiente de regressão, apresentado pelo DNIT (2006), todas as regressões são válidas estatisticamente, por apresentarem um valor "t" maior que 2,0.

5.5.2 Coeficiente de determinação

Quanto mais próximo o valor de r^2 for 1,00, maior será a confiabilidade da correlação.

Comparando as regressões para atração de viagens totais, a regressão por função polinomial do segundo grau foi a que apresentou o melhor coeficiente de determinação, com valor de $r^2 = 0,971$. Contudo, com exceção da regressão por função logarítmica, que apresentou um $r^2 = 0,858$, as demais também apresentaram valores satisfatórios por não serem muito distantes de 1,00.

Quando se restringe as viagens atraídas para apenas as realizadas por automóveis, os coeficientes de determinação diminuem, sendo o maior deles o da função exponencial que apresentou $r^2 = 0,913$.

Em relação aos modelos de produção de viagens, os coeficientes de determinação apresentam comportamento semelhantes aos de atração. Para as viagens considerando todos os modos, a função polinomial do segundo apresentou o melhor r^2 com valor de 0,971.

Os coeficientes de determinação para produção de viagens, ao se restringir apenas às viagens por automóveis, com exceção da função logarítmica, também apresentaram redução. O maior r^2 neste caso é da função exponencial com valor de 0,938.

5.5.3 Erro máximo admissível

Adaptando a equação para cálculo da amostra mínima a ser estudada baseado no erro admissível, no desvio padrão e no nível de significância do Manual de Estudos de Tráfego do DNIT (2006), podemos calcular o erro máximo admissível, ou seja, o maior valor que teríamos entre o real e o estimado.

$$E = \sqrt{\frac{(kS)^2}{n}} \quad (47)$$

Onde:

E = erro máximo admissível

k = índice representativo do nível de confiança desejado (tabulado para cada tipo de distribuição). (k = 1,96 para 95% de confiança)

S = desvio padrão

n = número de amostras

substituindo os valores na equação temos:

$$E = \sqrt{\frac{(1,96 \cdot 6796,43)^2}{9}} = 4440,33$$

Novamente, todas as correlações testados estariam válidas, pois como visto na Tabelas 11 e 12, apresentam erro padrão menor que o erro máximo admissível. O modelo de função linear, por ter o menor erro padrão, apresentaria maior confiabilidade neste quesito, e, o modelo por função logarítmica teria menor validade.

A análise deste índice pode ser feita acompanhada da avaliação visual dos gráficos gerados para cada regressão. Utilizando as faixas de confiança e de predição ajustadas para 95% de probabilidade

6 Considerações finais

De acordo com DNIT (2006), a dificuldade de se determinar com exatidão as variáveis de interesse faz necessário admitir que os resultados obtidos apresentaram alguma margem de erro. Todos os modelos se mostraram, em diferentes níveis, satisfatórios com base nos termos do DNIT (2006) e também do ITE (2008), necessitando então selecionar qual deles seria o melhor estatisticamente. A seleção dos melhores modelos pode variar de acordo com o caso estudado.

Atração total de viagens Pela Tabela 11 percebe-se que a equação com o melhor coeficiente de determinação é a equação polinomial de segundo grau. Esta também apresenta um baixo valor para o erro padrão quando se comparado com as outras. Os modelos por função linear e função potencial também apresentam bons valores para o coeficiente de determinação, porém o erro padrão desta última é um dos mais altos entre as funções comparadas. Portanto, para este caso, as equações 25 (polinomial do segundo grau) e 23 (linear) são os modelos recomendados por este trabalho.

Produção total de viagens Após análise dos dados compilados na Tabela 12 temos os modelos os modelos representados pelas equações 37 (polinomial do segundo grau) e 38 (potencial) como os melhores para serem utilizados. Estes apresentam os maiores coeficientes de determinação e menores valores de erro padrão.

Viagens por automóveis Quando se restringe as viagens para apenas as realizadas por automóveis, a análise estatística dos modelos se mostrou pior estatisticamente. Na necessidade de se fazer análises para este quesito, para ambos os casos, os modelos recomendados por este trabalho são os dados por equações exponenciais por apresentarem melhores coeficientes de determinação e menores valores para erro padrão.

De forma geral, a função polinomial do segundo grau aparenta ser a melhor opção a ser utilizada. Esta, na maioria dos casos, tem os melhores coeficientes de determinação e apresenta um dos menores valores de erro padrão entre os modelos analisados.

É importante considerar que os modelos são resultados de dados provenientes de uma matriz origem-destino da Região Metropolitana de Florianópolis, não havendo garantias, portanto, de que seriam aptos para serem utilizados em outras regiões.

6.1 Comparação com outros modelos

Um dos problemas ao comparar os resultados dos modelos disponíveis consiste nas diferenças de enquadramento dos níveis de ensino adotados em diferentes países, como o caso do modelo apresentado pelo ITE (2008), e nas diferenças metodológicas de desenvolvimento dos estudos.

Enquanto que os modelos dos autores aqui comparados utilizaram contagens volumétricas nos locais de estudo, as viagens consideradas neste trabalho são provenientes de pesquisa origem-destino domiciliar, com posterior aplicação de fatores de expansão.

Para a comparação, foi aplicado um valor fictício de 5000 alunos para cada um dos modelos apresentados na bibliografia e para os modelos recomendados neste trabalhos em cada um dos casos. Os resultados para atração de viagens estão compilados na Tabela 13 e os para produção de viagens são apresentados na Tabela 14. Para os modelos deste trabalho foram preenchidas apenas as colunas dos casos recomendados.

Tabela 13: Comparação entre modelos de atração de viagens

Modelo	Viagens totais diárias	Viagens de autos diárias	Viagens totais na hora de pico	Viagens de autos na hora de pico
CET 1983	-	-	2054	-
TECTRAN 2003	5870	-	-	937
TECTRAN 2004	5870	-	-	1213
SOUZA 2007	2515	1471	-	-
ITE 2008	-	5795	-	736
Função polinomial	3171	-	-	-
Função linear	3729	-	-	-
Função exponencial	-	1011	-	-

Tabela 14: Comparação entre modelos de produção de viagens

Modelo	Viagens totais diárias	Viagens de autos diárias	Viagens totais na hora de pico	Viagens de autos na hora de pico
SOUZA 2007	2045	1196	-	-
ITE 2008	-	5795	-	246
Função polinomial	3140	-	-	-
Função potencial	3187	-	-	-
Função exponencial	-	1054	-	-

Conforme podemos observar, a aplicação de modelos diferentes à um mesmo valor para a

variável independente pode resultar em estimativas bastante distintas. Uma possível explicação para a variação das estimativas está no fato de os modelos terem sido formulados em regiões únicas, trazendo consigo especificidades locais, como distribuição modal, taxa veicular, diferenças socioeconômicas, além dos métodos utilizado para obtenção dos dados. Também é importante ressaltar que os modelos apresentados tiveram motivações diferentes em seus estudos.

6.2 Recomendações para estudos futuros

Nos estudos de geração de viagens para instituições de ensino, a variável independente mais comumente utilizadas é o número de alunos matriculados. Como recomendação para trabalhos futuros sugere-se fazer análises considerando também a área construída das instituições, como é feito para outros tipos de polos geradores de viagens.

O número de viagens atraídas e produzidas pelas instituições de ensino superior neste trabalho foi retirado de matriz origem destino de entrevistas domiciliares. Recomenda-se, a fim de comparar os resultados, que sejam feitas análises baseadas em contagem de tráfego nas instituições e em entrevistas com os alunos das mesmas. Esta comparação pode ser útil na validação de ambos os métodos.

Referências

- ABRASCE, A. B. de S. C. 2018. Disponível em: <<https://www.abrasce.com.br/monitoramento/numeros-regionais>>.
- BASTOS, M. A. B. *Uma reflexão sobre as necessidades de mudança na gestão dos polos geradores de tráfego*. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.
- CAMPOS, V. B. G. *Planejamento de transportes: conceitos e modelos*. Rio de Janeiro: [s.n.], 2013.
- CET-SP. *Polos geradores de tráfego, boletim técnico no 32*. Sao Paulo, 1983.
- CET-SP. *Polos geradores de tráfego, boletim técnico no 32*. Sao Paulo, 2000.
- CHIBIAQUI, T. V. *Método para elaboração de modelos de geração de viagens para caminhões: Aplicação para containeres no Porto de Itajaí (SC)*. Tese (Doutorado) — Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.
- CUNHA, R. F. de F. *Uma sistemática de avaliação e aprovação de projetos de polos geradores de viagens (PGV's)*. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.
- DENATRAN. *Manual de procedimentos para o tratamento de polos geradores de tráfego*. Brasília, 2001.
- DNIT, D. N. de Infraestrutura e T. *Manual de Estudos de Tráfego*. Rio de Janeiro, 2006.
- Federal Highway Administration. *The Transportation Planning Process Key Issues*. Estados Unidos: [s.n.], 2016.
- GALARRAGA, M. H. J. *Análisis de tasas y modelos para generación de viajes en hipermercados y supermercados*. 2014.
- GASPARINI, A. *Atratividade de transporte de carga para pólos geradores de viagens em área urbana*. Dissertação (Mestrado) — Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2012.
- GOLDNER, L. G.; PORTUGAL, L. da S. *Metodologia de avaliação de impactos de tráfego de shopping centers: uma abordagem multi modal*. 1995.
- GRANDO, L. *A Interferência dos pólos geradores de tráfego no sistema viário: análise e contribuição metodológica para shopping centers*. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do Rio de Janeiro-COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 1986.
- ITE, I. of T. E. *Trip Generation Manual*. Estados Unidos, 2008.
- MENEZES, F. S. S. *Determinação da Capacidade de Tráfego de uma Região a partir de seus Níveis de Poluição Ambiental*. Dissertação (Mestrado) — Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2000.
- NUNES, J. L. *Estudo da demanda por estacionamento em instituições de ensino superior*. Dissertação (Mestrado) — Universidade de Brasília, Brasília, 2005.
- OLIVEIRA, L. K. de Oliveira; Luciana Carneiro de Moraes Stubbs; Nebai Tavares Gontijo; Renata Lúcia Magalhães de. *Proposição de modelos de geração de viagens para belo horizonte*. 2017.
- ORTÚZAR, L. G. W. J. de D. *Modeling Transport*. Reino Unido: [s.n.], 2011.

- PLAMUS. Relatórios completos: Plano de mobilidade urbana sustentável da grande florianópolis. Florianópolis, 2014.
- PORTUGAL, L. d. S. *Polos geradores de viagens orientados à qualidade de vida e ambiental: modelos e taxas de geração de viagens*. Rio de Janeiro: [s.n.], 2012.
- Prefeitura Municipal de Florianópolis. *Minuta IV, Polos Geradores de Viagem e EIV*. Florianópolis, 2017.
- REDEPGV, R. I. americana de Estudo em Polos Geradores de V. 2012. Disponível em: <<http://redpgv.coppe.ufrj.br>>.
- ROSA, T. T. A. *Variáveis sócio-econômicas na geração de viagens para shopping centers*. Dissertação (Mestrado) — Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2003.
- SANTOS, D. V. de C. *Polos geradores de viagens sustentáveis: Uma proposta para o licenciamento e a análise de projetos*. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2011.
- SCHMITZ, L. G. G. A. Estudo de pólos múltiplos geradores de viagens: O caso do parque montigalà em barcelona. 2010.
- SINAY, M. C. F. de; QUADROS, S. G. R. Estudio e implementación de procedimiento para licenciamiento de polos generadores de tráfico según la capacidad física y ambiental de las vías de una red urbana. Rio de Janeiro, 2002.
- Sistema de Evaluación de Impactos sobre el Sistema de Transporte Urbanos - SEISTU. 2012. Disponível em: <<http://www.seistu.cl>>.
- SOARES, M. V. Método para estabelecimento da capacidade de uma rede viária: análise dos efeitos da implantação de polos geradores de tráfego. Rio de Janeiro, 2004.
- SOUZA, S. C. F. de. *Modelos para estimativa de viagens por instituições de ensino superior*. Dissertação (Mestrado) — Universidade de Brasília, Brasília, 2007.
- TECTRAN, T. em T. L. Estudo de circulação e estacionamento - unidade arcos - puc minas. Belo Horizonte, 2003.
- TECTRAN, T. em T. L. Relatório de impactos na circulação da faculdade estácio de sá de belo horizonte - campus prado. Belo Horizonte, 2004.
- VARGAS, R. V. *Gerenciamento de Projetos (5a. edição): estabelecendo diferenciais competitivos*. Rio de Janeiro: [s.n.], 2005.
- World Bank. Disponível em: <<https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL?view=chart>>.